



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

SUPLEMENTAÇÃO DE FITASE EM DIETAS COM REDUÇÃO NOS NÍVEIS
NUTRICIONAIS PARA CODORNAS DE CORTE E POSTURA

LUCAS NUNES DE MELO

AREIA/PB
FEVEREIRO DE 2019

LUCAS NUNES DE MELO

**SUPLEMENTAÇÃO DE FITASE EM DIETAS COM REDUÇÃO NOS NÍVEIS
NUTRICIONAIS PARA CODORNAS DE CORTE E POSTURA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de mestre em Zootecnia

Comitê de orientação:

Prof. Dr. Fernando Guilherme Perazzo Costa

Prof. Dr. Leonardo Augusto Fonseca Pascoal

Profa. Dra. Patrícia Emília Naves Givisiez

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

M528s Melo, Lucas Nunes de.

Suplementação de fitase em dietas com redução nos
níveis nutricionais para codornas de corte e postura /
Lucas Nunes de Melo. - Areia, 2019.
77 f. : il.

Orientação: Fernando Guilherme Perazzo Costa Costa.
Coorientação: Leonardo Augusto Fonseca Pascoal Pascoal,
Patrícia Emília Naves Givisiez Givisiez.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCA.

1. Enzima. 2. Fósforo. 3. Fitato. I. Costa, Fernando
Guilherme Perazzo. II. Pascoal, Leonardo Augusto
Fonseca. III. Givisiez, Patrícia Emília Naves. IV.
Título.

UFPB/CCA-AREIA



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

PARECER DE DEFESA DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO

TÍTULO: “SUPLEMENTAÇÃO DE FITASE EM DIETAS COM REDUÇÃO NOS NÍVEIS NUTRICIONAIS PARA CODORNAS DE CORTE E POSTURA”


AUTOR: Lucas Nunes de Melo


ORIENTADOR: Fernando Guilherme Perazzo Costa


JULGAMENTO

CONCEITO: APROVADO

EXAMINADORES:


Prof. Dr. Fernando Guilherme Perazzo Costa
Presidente
Universidade Federal da Paraíba


Prof. Dr. Marcelo Luis Gomes Ribeiro
Examinador
Universidade Federal da Paraíba


Prof. Dr. Sérgio Antônio de Normando Moraes
Examinador
Instituto Federal da Paraíba

Areia, 08 de fevereiro de 2019

*A Deus,
E aos meus pais Antonio e
Marlene*

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela Sua intercessão em todos os momentos de dificuldades e alegria, e por me proporcionar a alcançar a realização de mais um sonho.

Aos meus pais, José Antônio de Melo e Maria Marlene Nunes de Melo, por estarem sempre presentes e confiarem nesta minha caminhada.

Aos meus irmãos, Luiz Nunes de Melo e Luan Nunes de Melo, aos meus avôs, Domingos e Maria das Dores, e aos meus tios, em especial minha tia Maria Marleide, pelo apoio e incentivo.

À Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, pela oportunidade de realização deste curso.

Ao prof. Dr. Fernando Guilherme Perazzo Costa, pela oportunidade de realizar o curso sob sua orientação. Agradeço a oportunidade de compor o Grupo de Estudos em Tecnologia Avícola (GETA), onde tive a oportunidade de conhecer excelentes profissionais.

Agradeço a todos os membros do GETA que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho e aos funcionários da avicultura (Josa e Ramalho), a ajuda de vocês foi essencial.

Em especial, agradeço a minha noiva, Maria Joseane, pelo carinho, apoio, paciência, companheirismo e dedicação; meu muito obrigado!

Enfim, a todos os amigos que de alguma forma estiveram presentes durante esta caminhada e deixaram sua contribuição.

Obrigado a todos!

SUMÁRIO

| | |
|--|------|
| LISTA DE TABELAS | viii |
| LISTA DE FIGURAS | x |
| Resumo Geral | xii |
| 1. INTRODUÇÃO GERAL | 15 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA | 16 |
| 2.1 Importância dos minerais na formação da casca do ovo..... | 16 |
| 2.2 Fósforo | 17 |
| 2.3 Fitato | 18 |
| 2.4 Fitase | 20 |
| 2.5 Utilização de fitase na alimentação de aves..... | 21 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 24 |
| CAPÍTULO I..... | 31 |
| Suplementação de fitase em dietas com redução nos níveis nutricionais para codornas de corte | 31 |
| Resumo | 32 |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 34 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS..... | 35 |
| 2.1 Desenho experimental, instalações e dietas | 35 |
| 2.2 Variáveis analisadas..... | 39 |
| 2.2.1 Desempenho | 39 |
| 2.2.2 Características de carcaça..... | 39 |
| 2.2.3 Morfometria intestinal..... | 39 |
| 2.2.4 Resistência óssea | 40 |
| 2.3 Análise estatística..... | 40 |
| 3. RESULTADOS | 41 |
| 3.1 Desempenho..... | 41 |
| 3.2 Características de carcaça | 44 |
| 3.3 Morfometria intestinal | 45 |
| 3.4 Resistência óssea..... | 49 |
| 4. DISCUSSÃO | 51 |
| 5. CONCLUSÃO..... | 53 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 54 |
| CAPÍTULO II..... | 57 |

| | |
|---|----|
| Suplementação de fitase em dietas com redução nos níveis nutricionais para codornas japonesas na fase de postura..... | 57 |
| Resumo | 58 |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 60 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS..... | 61 |
| 2.1 Desenho experimental, instalações e dietas | 61 |
| 2.2 Variáveis analisadas..... | 64 |
| 2.2.1 Desempenho e qualidade dos ovos | 64 |
| 2.3 Análise estatística..... | 65 |
| 3. RESULTADOS | 66 |
| 3.1 Desempenho..... | 66 |
| 3.2 Qualidade dos ovos | 69 |
| 4. DISCUSSÃO..... | 72 |
| 5. CONCLUSÕES..... | 74 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 75 |

LISTA DE TABELAS

Capítulo I

| | |
|--|----|
| Tabela 1. Composição e conteúdo de nutrientes das dietas para codornas de corte de 1 a 15 dias..... | 36 |
| Tabela 2. Composição e conteúdo de nutrientes das dietas para codornas de corte de 1 a 35 dias..... | 37 |
| Tabela 3. Composição e conteúdo de nutrientes das dietas para codornas de corte de 1 a 45 dias..... | 38 |
| Tabela 4. Desempenho de codornas europeias, de 1 a 15 dias, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase..... | 41 |
| Tabela 5. Desempenho de codornas europeias, de 1 a 35 dias, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase..... | 42 |
| Tabela 6. Desempenho de codornas europeias, de 1 a 45 dias, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase..... | 43 |
| Tabela 7. Características de carcaça de codornas de corte aos 45 dias alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase..... | 44 |
| Tabela 8. Morfometria intestinal de codornas de corte, aos 45 dias de idade, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase..... | 46 |
| Tabela 9. Resistência óssea (gf) de codornas de corte aos 45 dias, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase..... | 49 |

Capítulo II

| | |
|--|----|
| Tabela 1. Composição e conteúdo de nutrientes das dietas para codornas japonesas na fase de postura I..... | 62 |
| Tabela 2. Composição e conteúdo de nutrientes das dietas para codornas japonesas na fase de postura II..... | 63 |
| Tabela 3. Produção de ovos (PR), consumo de ração (CR), peso de ovo (PO), massa de ovo (MO), conversão por massa de ovos (CMO), conversão por dúzia de ovos (CDZ) e viabilidade (VIAB) de codornas japonesas, na fase de postura I, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase..... | 66 |
| Tabela 4. Produção de ovos (PR), consumo de ração (CR), peso de ovo (PO), massa de ovo (MO), conversão por massa de ovos (CMO), conversão por dúzia de ovos (CDZ) e viabilidade (VIAB) de codornas japonesas, na fase de postura II, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase..... | 67 |

Tabela 5. Efeitos dos níveis de fitase sobre o peso de ovo (PO), peso de casca (PC), peso de gema (PG), peso de albume (PA), porcentagem de casca (CAS), porcentagem de gema (GEM), porcentagem de albume (ALB), cor de gema (CG), gravidade específica (GE), unidade Haugh (UH), espessura de casca (EP) e resistência de ovo (RO) dos ovos das codornas japonesas na fase de postura I.....70

Tabela 6. Efeitos dos níveis de fitase sobre o peso de ovo (PO), peso de casca (PC), peso de gema (PG), peso de albume (PA), porcentagem de casca (CAS), porcentagem de gema (GEM), porcentagem de albume (ALB), cor de gema (CG), gravidade específica (GE), unidade Haugh (UH), espessura de casca (EP) e resistência de ovo (RO) dos ovos das codornas japonesas na fase de postura II.....71

LISTA DE FIGURAS

Revisão de Literatura

| | |
|--|----|
| Figura 1. Molécula de ácido fítico (Fonte: QUIRRENBACH et al., 2009)..... | 18 |
|--|----|

Capítulo I

| | |
|---|----|
| Figura 1. Ganho de peso de codornas de corte, de 1 a 15 dias, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase..... | 41 |
| Figura 2. Ganho de peso de codornas de corte, de 1 a 35 dias, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase..... | 42 |
| Figura 3. Conversão alimentar de codornas de corte, de 1 a 35 dias, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase..... | 42 |
| Figura 4. Ganho de peso de codornas de corte, de 1 a 45 dias, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase..... | 43 |
| Figura 5. Conversão alimentar de codornas de corte, de 1 a 45 dias, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase..... | 44 |
| Figura 6. Peso de carcaça de codornas de corte aos 45 dias alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase..... | 45 |
| Figura 7. Altura de vilo do duodeno de codornas de corte, aos 45 dias de idade, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase..... | 47 |
| Figura 8. Profundidade de cripta do duodeno de codornas de corte, aos 45 dias de idade, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase..... | 47 |
| Figura 9. Relação vilo/cripta do duodeno de codornas de corte, aos 45 dias de idade, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase..... | 47 |
| Figura 10. Altura de vilo do jejuno de codornas de corte, aos 45 dias de idade, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase..... | 48 |
| Figura 11. Profundidade de cripta do jejuno de codornas de corte, aos 45 dias de idade, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase..... | 48 |
| Figura 12. Relação vilo/cripta do jejuno de codornas de corte, aos 45 dias de idade, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase..... | 48 |
| Figura 13. Profundidade de cripta do íleo de codornas de corte, aos 45 dias de idade, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase..... | 49 |
| Figura 14. Relação vilo/cripta do íleo de codornas de corte, aos 45 dias de idade, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase..... | 49 |
| Figura 15. Resistência óssea de codornas de corte, aos 45 dias de idade, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase..... | 50 |

Capítulo II

| | |
|---|----|
| Figura 1. Conversão por massa de ovos de codornas japonesas, na postura I, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase..... | 66 |
| Figura 2. Conversão por dúzia de ovos de codornas japonesas, na postura I, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase..... | 67 |
| Figura 3. Produção de ovos de codornas japonesas, na postura II, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase..... | 68 |
| Figura 4. Consumo de ração de codornas japonesas, na postura II, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase..... | 68 |
| Figura 5. Massa de ovos de codornas japonesas, na postura II, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase..... | 68 |
| Figura 6. Conversão por massa de ovos de codornas japonesas, na postura II, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase..... | 69 |
| Figura 7. Conversão por dúzia de ovos de codornas japonesas, na postura II, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase..... | 69 |
| Figura 8. Unidade haugh de ovos de codornas japonesas, na Postura I, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase..... | 70 |
| Figura 8. Unidade haugh de ovos de codornas japonesas, na Postura II, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase..... | 71 |

SUPLEMENTAÇÃO DE FITASE EM DIETAS COM REDUÇÃO NOS NÍVEIS NUTRICIONAIS PARA CODORNAS DE CORTE E POSTURA

Resumo Geral: para avaliar os efeitos da suplementação de fitase realizou-se dois experimentos com codornas de corte e postura. Assim, objetivou-se avaliar os efeitos da suplementação de fitase em dietas com redução nos níveis de fósforo disponível, cálcio, aminoácidos digestíveis e energia metabolizável para codornas de corte sob os parâmetros de desempenho, características de carcaça, morfometria intestinal e resistência óssea. Foram utilizadas 680 codornas europeias (*Coturnix coturnix coturnix*) de 1 a 45 dias de vida, distribuídas em delineamento inteiramente ao acaso com cinco tratamentos e oito repetições com 17 aves cada. Os tratamentos consistiram de uma dieta com redução de 0,150 e 0,165 pontos percentuais em fósforo disponível e cálcio, respectivamente, 10% nos níveis de aminoácidos digestíveis (metionina+cistina, lisina e treonina) e redução de 50 kcal/kg de energia metabolizável. Sobre esta dieta foram suplementadas 0; 500; 1.000; 1.500 e 2.000 FTU/kg de fitase. A fitase influenciou o ganho de peso, a conversão alimentar e o peso da carcaça ($P<0,05$). Com exceção da altura de vilo do íleo, todas as variáveis de morfometria intestinal foram influenciadas ($P<0,05$) pela enzima, assim como, a resistência de tíbia. Recomenda-se uma suplementação de fitase no nível de 1.000 FTU/kg, em rações com redução nos níveis de fósforo disponível, cálcio, aminoácidos digestíveis e energia metabolizável para codornas de corte. Para o experimento de postura objetivou-se avaliar os efeitos da suplementação de fitase em dietas com redução nos níveis de fósforo disponível, cálcio, aminoácidos digestíveis e energia metabolizável para codornas japonesas na fase de postura sob os parâmetros de desempenho e qualidade de ovo. Foram utilizadas 280 codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) de 115 a 325 dias de vida, distribuídas em delineamento inteiramente ao acaso com cinco tratamentos e oito repetições com 7 aves cada. Os tratamentos consistiram de uma dieta com redução de 0,150 e 0,165 pontos percentuais em fósforo disponível e cálcio, respectivamente, 10% nos níveis de aminoácidos digestíveis (metionina+cistina, lisina e treonina) e redução de 50 kcal/kg de energia metabolizável. Sobre esta dieta foram suplementadas 0; 500; 1.000; 1.500 e 2.000 FTU/kg de fitase. O experimento foi dividido em duas fases: 115-220 dias (Postura I) e 220-325 dias (Postura II), divididas em cinco períodos de 21 dias cada. A fitase influenciou a conversão por massa e dúzia de ovos nas fases de postura I e II; e a produção de ovos, consumo de ração e massa de ovos na fase de Postura II ($P<0,05$). Para qualidade de ovo apenas a unidade Haugh foi influenciada ($P<0,05$) pela fitase em ambas as fases. A suplementação de fitase no nível de 1500 FTU/kg, em rações

com redução nos níveis de fósforo disponível, cálcio, aminoácidos digestíveis e energia metabolizável, é suficiente para garantir melhorias no desempenho de codornas japonesas na fase de postura.

Palavras-chave: Enzima, fósforo, fitato.

PHYTASE SUPPLEMENTATION IN DIETS WITH REDUCED LEVELS IN MEAT AND LAYING QUAILS

Abstract: To evaluate the effects of phytase supplementation was performed two experiments with quails and eat and laying. The objective was to evaluate the effects of phytase supplementation in the diet with reduced levels of available phosphorus, calcium, amino acids digestible and metabolizable energy for quails in performance parameters, carcass traits, intestinal morphology and bone strength. 680 European quails (*Coturnix coturnix coturnix*) from 1 to 45 days-old, distributed in a completely randomized design with five treatments and eight replicates of 17 birds each. Treatments consisted of a diet with reduced 0.150 and 0.165 percentage points available phosphorus and calcium, respectively, in 10% digestible amino acid levels (methionine + cystine lysine and threonine) and reduction of 50 kcal / kg metabolizable energy. On this diet were supplemented 0; 500; 1,000; 1,500 and 2,000 FTU / kg of phytase. Phytase influenced weight gain, feed conversion and carcass weight ($P < 0.05$). With the exception of ileus villus height, intestinal morphology of all variables were affected ($P < 0.05$) by the enzyme, as well as the tibia resistance. It is recommended to phytase supplementation level of 1,000 FTU / kg feed with a reduction in the levels of available phosphorus, calcium, amino acids digestible and metabolizable energy for quails. For the laying experiment aimed to evaluate the effects of phytase supplementation in diets with reduction in levels of available phosphorus, calcium, amino acids digestible and metabolizable energy for Japanese quails in laying phase under the parameters of performance and egg quality. 280 Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*) 115-325 days-old, distributed in a completely randomized design with five treatments and eight replicates of 7 birds each. Treatments consisted of a diet with a reduction of 0.150 and 0.165 percentage points in available phosphorus and calcium, respectively, In 10% digestible amino acid levels (methionine + cystine, lysine and threonine) and reduction of 50 kcal / kg metabolizable energy. On this diet were supplemented 0; 500; 1,000; 1,500 and 2,000 FTU / kg of phytase. The experiment was divided into two phases: 115-220 days (Posture I) and days 220-325 (Posture II), divided into five periods of 21 days each. Phytase influenced the mass conversion and dozen eggs instance phases I and II; and egg production, feed intake and egg mass in phase II posture ($P < 0.05$). To egg quality only Haugh unit was influenced ($P < 0.05$) by the phytase in both phases. The phytase supplementation level of 1500 FTU / kg feed with a reduction in the levels of available phosphorus, calcium, amino acids digestible and metabolizable energy is sufficient to ensure improved performance of Japanese quails in the laying phase.

Key words: Enzyme, phosphorus, phytate.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A coturnicultura é uma atividade que vem em constante crescimento nos últimos anos, tal crescimento pode ser atribuído ao avanço nos estudos no que diz respeito ao melhoramento genético, nutrição, ambiência e manejo sanitário. Dentre estes, a nutrição desempenha um papel fundamental dentro da cadeia produtiva, pois está ligada diretamente com a alimentação animal, a qual possui maiores representatividade nos custos de produção.

Atualmente, a produção animal procura estabelecer maiores produções associadas a menores custos, levando-se em consideração os riscos/benefícios que estes podem trazer ao meio ambiente, procurando sempre a conciliação com a produção sustentável.

Conhecendo as dietas avícolas, sabe-se que sua composição possui ingredientes de origem vegetal, onde o fósforo presente nestes ingredientes se encontra em sua maior parte na forma de fitato, que é um complexo indigestível para as aves. Desta maneira, se torna necessária a adição de fontes inorgânicas deste nutriente para suprir os requerimentos nutricionais das aves, sem que o desempenho produtivo seja afetado. No entanto, esta prática conduz a problemas ambientais, devido ao alto teor de fósforo excretado no ambiente, além de aumentar o custo de produção, já que o fósforo é tido como o terceiro nutriente mais caro da dieta.

Em meio ao exposto, as enzimas ganham atenção crescentes para as pesquisas com aves, pois elas auxiliam no processo digestivo eliminando os efeitos antinutricionais presentes nas dietas. Como exemplo, podemos citar a fitase, que possui a capacidade de disponibilizar o fósforo e outros nutrientes complexados na molécula de fitato. Sua utilização permite a redução da inclusão de fontes inorgânicas de fósforo, o que resulta em menores custos associado a menores teores de fósforo excretado no meio ambiente.

Diversas são as pesquisas que comprovam a eficácia da enzima fitase na alimentação avícola, porém há um déficit de trabalhos relacionados a enzima para codornas. Assim, o presente estudo objetivou avaliar os efeitos da suplementação de fitase em dietas com redução nos níveis de fósforo disponível, cálcio, aminoácidos digestíveis e energia metabolizável para codornas de corte e postura.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância dos minerais na formação da casca do ovo

O aparelho reprodutor das aves é composto por ovário e oviduto (infundíbulo, magno, istmo, útero, vagina e cloaca). De modo geral, no ovário forma-se a gema, no infundíbulo ocorre a fecundação e também é o local de captação do óvulo, no magno ocorre a formação do albúmen, no istmo ocorre a secreção da membrana interna e externa da casca, no útero ocorre a formação da casca e a vagina e a cloaca são os responsáveis pelo transporte e expulsão do ovo, respectivamente (SWENSON & REECE, 1996; GARCIA & FERNÁNDEZ, 2001).

Como visto, a formação da casca do ovo ocorre no istmo e no útero. O istmo é responsável pela deposição das membranas interna e externa da casca, as quais são compostas por uma rede de fibras protéicas que envolvem o albúmen. No pólo maior do ovo essas membranas encontram-se separadas formando uma câmara, que será preenchida com ar por meio dos poros da casca após a postura (MAGALHÃES, 2007). E no útero é onde ocorrerá de fato a formação da casca do ovo. Nele o ovo em formação é banhado por um fluido que contém todos os minerais e componentes orgânicos necessários para formação da casca (CARVALHO & FERNANDES, 2013).

A casca do ovo é composta por um complexo de substâncias orgânicas e minerais, possuindo 94% de carbonato de cálcio, 1,4% de carbonato de magnésio e 3% de glicoproteínas, colágeno e mucoproteínas (MEDEIROS & ALVES, 2014). Os sais de cálcio secretados no lúmen uterino durante a formação da casca são provenientes da dieta e dos ossos. E o carbonato de cálcio é oriundo da respiração do ácido carbônico, por isso a temperatura pode prejudicar a casca do ovo. Em temperaturas elevadas as aves ficam mais ofegantes aumentando a eliminação de CO₂, o que diminui a deposição de carbonato de cálcio, originando cascas mais finas (SAUCEDA, 2017).

A deposição do cálcio é realizada com auxílio de atividade enzimática, especialmente da anidrase carbônica que catalisa a reação (BAIÃO e LÚCIO, 2005). No início o processo de calcificação é lento, o ovo absorve água, sais e glicose do meio uterino o que faz com que o mesmo aumente de tamanho. Este aumento de volume distende a parede do útero e estimula a fase de calcificação rápida (NYS e GAUTRON, 2007). Após a calcificação ocorre a deposição dos pigmentos da casca e de uma camada orgânica na superfície do ovo, conhecida como cutícula da casca. Esta possui a função de controle da troca de água com o meio externo e limitação da colonização microbiana na superfície da casca (HINCKE et al., 2008). Todo esse

processo de formação das casca e deposição da cutícula leva em torno de 18 a 20 horas (HUNTON, 2005).

A cor da casca é um fator genético determinada principalmente pela linhagem da ave. Nos ovos coloridos os pigmentos de porifinas, derivados dos eritrócitos, são depositados ao longo de todo o processo de formação da casca (WANG et al., 2007).

2.2 Fósforo

O fósforo é um mineral essencial para garantir o funcionamento do organismo animal. Além de ser um dos principais componentes do sistema esquelético juntamente ao cálcio, participa ativamente de diversas funções metabólicas no organismo animal, necessitando desta forma de suplementação, para que possa atender todas as funções destinadas a ele.

Ele participa de processos energéticos como ADP (adenosina difosfato), ATP (adenosina trifosfato), UDPG (uridina difosfato glicose) (UNDERWOOD & SUTTLE, 1999), atua no equilíbrio ácido-base do sangue, no metabolismo energético, de carboidratos, aminoácidos e gorduras, no transporte de gorduras e ligação do DNA-RNA (BERTECHINI, 2006).

Sendo assim, pode ser fornecido nas dietas na forma inorgânica, como mono, di e trifosfato, ou na forma orgânica, encontrada como fitato nas plantas e fosfolipídios e fosfoproteínas, nos animais. Sua fonte de origem, determinará sua biodisponibilidade, o fósforo inorgânico e de fontes proteicas animais são considerados como 100% disponíveis, já o fósforo de origem vegetal possui uma disponibilidade média de 1/3 do total, dependendo do teor de ácido fítico presente no vegetal (BERTECHINI, 2012).

Os minerais em geral podem ser descritos como totais, digestíveis e disponíveis. Desta forma, o fósforo total em um alimento é aquele que compreende a porção disponível e a indisponível do mineral, ou seja, é todo o fósforo presente no alimento. O fósforo digestível é dado pela diferença entre a quantidade de fósforo ingerido e a quantidade encontrada nas excretas. E o fósforo disponível é definido como a porção desse mineral ingerido, capaz de ser absorvido e estar disponível para as funções metabólicas e para o armazenamento nos tecidos dos animais (SALDANHA, 2015).

Sua absorção ocorre no intestino delgado e depende de fatores como disponibilidade de fósforo ingerido na dieta; pH; viscosidade intestinal; presença de vitamina D e minerais como ferro, alumínio, magnésio e manganês (BERTECHINI, 2006); nível de cálcio na dieta e idade das aves (PIZZOLANTE, 2000). O excesso de cálcio reduz a absorção de fósforo, pois ocorre formação de fosfatos insolúveis no intestino delgado, por isso, é importante manter relações adequadas de cálcio e fósforo na dieta de aves (BERTECHINI, 2012).

No milho e na soja, principais ingredientes das rações avícolas, ele se encontra em sua maior parte complexado na forma de fitato, em torno de 75% e 65%, respectivamente (ROSTAGNO et al., 2017). O fitato é um complexo indigestível para as aves, devido a deficiência dessas em produzir fitase endógena (enzima responsável pela degradação do fitato), por isso, vem sendo utilizada fontes exógenas desta enzima nas rações com intuito de aumentar a disponibilidade desse fósforo complexado.

2.3 Fitato

O fitato ou sal misto de ácido fítico (mio-inositol hexafosfato, IP6) é a forma que as plantas utilizam para armazenamento de fósforo (FERREIRA et al., 2015), representa cerca de 70% do fósforo total presente na maioria dos alimentos de origem vegetal (LIGEIRO, 2007). Sua estrutura é composta por seis moléculas de fósforo ligadas a seis carbonos do anel de mio-inositol (Figura 1). Possui uma concentração em torno de 28% de fósforo e encontra-se nos alimentos complexado aos minerais como magnésio e potássio (LOTT et al., 2000).

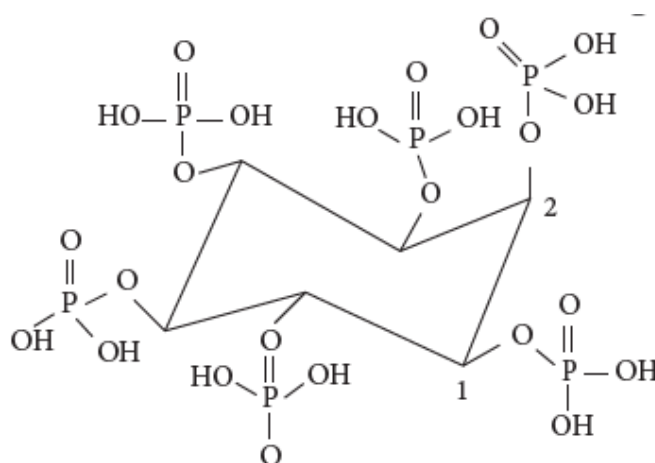


Figura 1: Molécula de ácido fítico (Fonte: QUIRRENBACH et al., 2009)

A localização do fitato é variável dependendo dos ingredientes. No trigo, na cevada e no arroz localiza-se nas células de aleurona e no milho nas células germinativas (O'DELL et al., 1972). Nas oleaginosas, como a soja, tende a estar presente ao longo de toda semente (ERDMAN, 1979).

A molécula de fitato pode carregar até 12 cargas negativas, duas em cada um dos 6 grupos fosfato da molécula (QUIRRENBACH et al., 2009). Essas cargas conferem a ela uma grande capacidade de quelar cátions divalentes, incluindo Ca^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{2+} e Cu^{2+} , tornando-os indisponíveis para absorção no intestino das aves e suínos, sendo assim, excretados (LIGEIRO,

2007). Estes complexos são formados principalmente em pH neutro e básico, pois em pH ácido a protonação parcial ou total do ácido fítico diminui sua capacidade de ligar-se a nutrientes catiônicos como, por exemplo, minerais divalentes (NAVES, 2012).

O cálcio da dieta pode se complexar com o fitato tornando-se indisponível para as aves. Selle et al. (2009) relatam que é possível que o cálcio não esteja complexado com o fitato na ração, devido à baixa concentração deste mineral nos ingredientes como o milho e a soja. Dessa maneira, eles sugerem que o complexo de fitato com cálcio provavelmente ocorre no trato digestivo das aves, em torno de um terço do cálcio ingerido é complexado com o fitato durante sua passagem pelo intestino, comprometendo sua absorção.

A presença de fitato na dieta reduz a digestibilidade da proteína da dieta, devido a formação do complexo fitato-proteína ou pela formação de complexos de fitato com enzimas proteolíticas (tripsina e pepsina) reduzindo a atividade destas. Este complexo é formado por uma ligação iônica e depende do pH. Em pH ácido, o fitato forma ligações eletrostáticas com resíduos básicos (arginina, lisina e histidina) formando complexos insolúveis. Em pH próximo ao ponto isoelétrico, a proteína tem carga neutra e não se liga ao fitato. Em pH básico, o fitato forma complexo com proteína na presença de cátions divalentes (COUSINS, 1999).

O complexo fitato-pepsina ocorre no proventrículo, promovendo o aumento de secreção de ácido clorídrico e pepsina. Dessa maneira, o excesso de ácido clorídrico reduz o pH no intestino delgado o que prejudica a digestão e absorção das proteínas e aminoácidos, reduzindo também a atividade de enzimas pancreáticas e da borda em escova. Como resposta, há maior secreção de mucina e bicarbonato de sódio no lúmen intestinal, aumentando a secreção de aminoácidos endógenos e de sódio (LIU et al., 2008; COWIESON et al., 2009).

Estudos também apontam que o fitato afeta a digestibilidade do amido interagindo com a amilase (THOMPSON & YOON, 1984). Segundo Harland & Morris (1995) as enzimas amilase, tripsina, fosfatase ácida e tirosinase são inibidas pelo fitato. Truong et al. (2015a) relataram diferença significativa, entre os tratamentos, na taxa de desaparecimento do amido com suplementação ou não de fitase, concluindo que a o amido sofre a ação do fitato. Nesse sentido, o fitato influencia de forma negativa a digestão dos nutrientes, reduzindo a energia metabolizável da dieta.

O fitato também interage negativamente com o sódio, Cowieson et al. (2004) demonstraram que houve uma redução da presença desse mineral nas excretas de frangos de corte quando as dietas foram suplementadas com fitase, concluindo que a fitato aumenta a excreção deste mineral. Neste sentido, Dilworth et al. (2005) demonstraram que a presença de fitato reduz a atividade da bomba de sódio em ratos, tal afirmação foi feita após verificação de

níveis de glicose no sangue destes animais. Já em outro estudo, Liu et al. (2008) relataram aumento das concentrações de bomba de sódio e glicose nos enterócitos do duodeno e jejuno de galinhas suplementadas com fitase. Então, a presença de fitato impede a absorção de glicose pois ele interfere na funcionalidade da bomba de sódio e potássio (TRUONG et al., 2014).

Devido a estes fatores antinutricionais do fitato no organismo das aves, a adição de enzimas exógenas nas rações se torna viável. Como exemplo podemos citar a fitase, que possui a capacidade de quebrar este complexo e melhorar o uso dos nutrientes dietéticos. O uso dos produtos enzimáticos é recomendado para a formulação de rações, pois eles permitem a redução do teor de energia, fósforo, proteínas e aminoácidos (CAMPASINO et al., 2015), o que ocasiona benefícios como a redução de nutrientes excretados no ambiente, bem como do custo da dieta (DERSJANT-LI et al., 2015).

2.4 Fitase

A fitase é uma fosfatase que hidrolisa o fitato a inositol e fosfato inorgânico, aumentando o uso do fósforo de origem vegetal e resultando em redução de 20 a 30% na excreção de fósforo pelas fezes (BONAPARTE, 2013). Segundo Olukosi (2012) as fitases são enzimas capazes de hidrolisar fitato, a qual catalisa a remoção gradual de ortofosfatos inorgânicos do ácido fítico através de inositóis penta-fosfato em monofosfato.

A sua atividade é expressa em FTU ou U, o que corresponde à quantidade de enzimas necessárias para libertar um micromol de fósforo inorgânico em um minuto em um substrato de fitato, a uma temperatura de 37 °C e pH de 5,5 (LELIS et al., 2010).

As fitases são classificadas como 3-fitase, 6-fitase e 5-fitase, de acordo com o local de iniciação da desfosforilação do fitato. A 3-fitase inicia a hidrólise no carbono 3, a 6-fitase no carbono 6 e a 5-fitase no carbono 5 da molécula do fitato (BEDFORD & PARTRIDGE, 2011).

Em relação a sua origem existem diferentes fontes de fitase, entretanto, comercialmente as microbianas são as mais promissoras como as de origem bacteriana (*Bacillus sp.*, *Enterobacter sp.*, *Escherichia coli*), fúngicas (*Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.* e *Talaromyces thermophilus*) e de leveduras (*Arxula adeninivorans* e *Hansenula polymorpha*) (PANDEY et al., 2001).

Teoricamente, a sua ação de hidrólise completa do fitato resultaria em seis moléculas de fósforo inorgânico e um inositol. Porém, o grau de desfosforilação da molécula de ácido fítico depende de fatores como tempo de trânsito no trato gastro intestinal, pH e o origem da fitase. Truong et al. (2017) relatam que a moela é o local com maior probabilidade de

degradação do fitato. Já Zeller et al. (2015a) utilizando uma fitase bacteriana de *E. coli*, observaram que os principais locais de degradação do fitato foram no proventrículo e moela.

Estudos comprovam que as fitases oriundas da bactéria *E. coli* demonstram uma melhor influência no desempenho, aumento na mineralização óssea e na biodisponibilidade de fósforo para as aves (REMUS, 2007). Igbasan et al. (2000), relataram que as fitases bacterianas, quando comparadas com as fitase fúngicas, apresentaram melhores estabilidade térmica e melhores estabilidade à ação proteolítica. Kumar et al. (2003) avaliaram a resistência a ação de proteases de fitases produzidas a partir da *P. lycii*, *A. niger* e *E. coli* incubadas em um tampão contendo protease com pH 5 e observaram que as fitases de origem bacteriana são mais resistentes a ação destas enzimas.

Como ação principal, a fitase possui a capacidade de liberar o fósforo fítico presente nos alimentos de origem vegetal, melhorando sua digestibilidade e diminuindo a necessidade de inclusão de fontes inorgânicas de fósforo nas rações para atender as exigências nutricionais dos animais. Está redução das fontes inorgânicas na dieta, além de proporcionar redução no custo da ração, também evoca uma questão socioambiental devido ao menor teor de fósforo orgânico excretado no meio ambiente (RIBEIRO JÚNIOR, 2015).

Lima et al. (2009) avaliaram a viabilidade econômica de dietas suplementadas com fitase para codornas de postura e constataram que a suplementação de 400 FTU proporcionou melhor viabilidade econômica. Este nível de suplementação reduziu o preço do kg da ração em 8,75 % em relação a dieta controle (formulada sem adição de fitase).

Porém, a utilização de fitase na dieta proporciona efeitos conhecidos como extra fosfóricos, tendo em vista que elas também são adicionadas as dietas com o intuito de melhorar a digestibilidade de minerais, aminoácidos e energia (SELLE & RAVINDRAN, 2008). Sua utilização contribui ainda com a ação de enzimas endógenas (tripsina, pepsina, ATPase e alanil-aminopeptidase) essenciais no metabolismo (LIU et al., 2009) e elevação das concentrações de carotenoides hepáticas, α -tocoferol, retinol e coenzima Q10 (KARADAS et al., 2010; LIU et al., 2008). Também podem atuar aumentando a sensibilidade do receptor de insulina do fígado de frango inibindo a expressão do gene do fator 1 de crescimento semelhante à insulina (JÓZEFIK et al., 2010).

2.5 Utilização de fitase na alimentação de aves

Atualmente a fitase é amplamente utilizada na alimentação de aves, buscando o melhor aproveitamento do fósforo de origem vegetal, o que resulta em menores inclusão de fósforo

inorgânico e consequentemente redução no custo de produção. Assim, diversos estudos foram realizados com intuito de avaliar tais benefícios desta enzima na alimentação das aves.

Em relação ao nível recomendado de suplementação de fitase em dietas de aves observa-se que alguns estudos sugerem um nível de 500 FTU/kg (KIARIE et al., 2015). Tizziani et al. (2016) observaram que a suplementação de 500 FTU/kg de fitase na dieta de frangos de corte proporcionou uma redução de 68,4% e 65,7% no fósforo disponível da dieta para os períodos de 22 a 33 e 34 a 42 dias de idade, respectivamente.

Litz et al. (2017) relataram que a utilização de fitase proporcionou melhoras na porcentagem de fósforo na mineralização óssea da tíbia de frangos de corte, mostrando que a fitase exógena é capaz de hidrolisar o fitato originado dos grãos da dieta e liberar o fósforo para a assimilação no organismo dos animais. Já Pereira et al. (2017) avaliaram o efeito da inclusão ou não de fitase (0 e 500 FTU) em dietas com três níveis diferentes de proteína (17, 15 e 13%) para poedeiras comerciais. Os autores observaram que a inclusão da fitase proporciona resultados de qualidade de ovos e desempenho iguais para os níveis de 17 e 15% de proteína bruta na ração, indicando que a fitase proporcionou melhoras na digestibilidade da proteína da dieta.

Lima et al. (2010) observaram melhorias no aproveitamento da energia das dietas de codornas japonesas suplementadas com 200 FTU/kg de fitase. Os autores ainda relatam que a suplementação de 400 FTU/kg de fitase proporciona menores teores de fósforo excretado no ambiente. Já Vieira et al. (2019) observaram melhores mineralização óssea de codornas japonesas suplementadas com 300 FTU/kg de fitase.

No entanto, o uso de níveis mais elevados de fitase em dietas de aves vem ganhando atenção crescente, tendo em vista que superdoses da enzima tendem a inibir os efeitos antinutricionais causados pela molécula de fitato, proporcionando maior disponibilidade dos nutrientes dietéticos, garantindo assim, a eficácia nos processos digestivos e metabólicos. É relatado que mais de 1.000 FTU/kg de fitase melhoraram a utilização de fósforo e de outros nutrientes presentes nas dietas para frangos de corte, em comparação com os níveis recomendados (COWIESON et al., 2006).

Farhadi et al. (2017) avaliaram diferentes níveis de suplementação de fitase (0, 500, 1.000, 2.000, 3.000, 4.000, 5.000 e 6.000 FTU/kg) em dietas deficientes em fósforo. Eles relataram que a suplementação acima de 4.000 FTU/kg melhoraram o ganho de peso das aves e a digestibilidade dos nutrientes. Li et al. (2015) observaram melhoras na porcentagem de cinzas das tíbias de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com 1.000 FTU/kg

de fitase e deficientes em fósforo, indicando que a fitase melhorou a mineralização óssea das aves em estudo.

Santos et al. (2008) avaliaram os efeitos da suplementação de fitase (0, 300, 1.200, 2.400, 3.600 FTU/kg) em dietas com diferentes valorizações nutricionais para poedeiras semi-pesadas com 26 semanas de idade. Os autores sugerem que uma redução de 65 kcal/energia metabolizável, 4% proteína bruta, 3,5% aminoácidos digestíveis, 4% cálcio e 51% fósforo disponível pode ser efetuada com a suplementação igual ou superior a 1.200 FTU/kg para poedeiras semi-pesadas, garantindo as aves um bom desempenho e qualidade externa dos ovos, quando comparado com a dieta controle (níveis nutricionais recomendados).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAIÃO, N. C.; LÚCIO, C. G. Nutrição de matrizes pesadas. In: MACARI, M.; MENDES, A.A (Eds). **Manejo de matrizes pesadas**. Campinas: FACTA, cap.10, p.198-216, 2005.
- BEDFORD, M. R.; PARTRIDGE, G. G. **Enzymes in farm animal nutrition**. 2. ed. CABI, 2011.
- BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástricos**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2012.
- BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástricos**. Lavras: UFLA, 2006.
- BONAPARTE, T. P.; SOARES, R. T. R. N. et al. Aditivos na Alimentação de Não Ruminantes. In: DEMINICIS, B. B.; MARTINS, C. B. (Org.). **Tópicos Especiais em Ciência Aniamal II: Coletânea da 2ª Jornada Científica da Pós-Graduação em Ciências Veterinárias da Universidade Federal do Espírito Santo**. Alegre, ES: CAUFES, p.5-15, 2013.
- CAMPASINO, A.; WILLIAMS, M.; LATHAM, C. A. et al. Effects of increasing dried distillers' grains with solubles and non-starch polysaccharide degrading enzyme inclusion on growth performance and energy digestibility in broilers. **Journal of Applied Poultry Research**, v.24, p.135–144, 2015.
- CARVALHO, L. S. S.; FERNANDES, E. A. Formação e qualidade da casca de ovos de reprodutoras e poedeiras comerciais. **Medicina Veterinária**, v.7, p.35-44, 2013.
- COUSINS, B. Enzimas na nutrição de aves. **I Simpósio Internacional ACAV—Embrapa sobre Nutrição de Aves**. Concórdia-SC. 1999.
- COWIESON, A. J.; ACARNOVIC, T.; BEDFORD, M. R. The effects of phytase and phytic acid on the loss of endogenous amino acids and minerals from broiler chickens, **British Poultry Science**, v. 45, p. 101-108, 2004.
- COWIESON, A. J.; BEDFORD, M. R.; SELLE, P. H. et al. Phytate and microbial phytase: implications for endogenous nitrogen losses and nutrient availability. **World's Poultry Science Journal**, v. 65, p. 401-418, 2009.
- COWIESON, A.J.; ACAMOVIC, T.; BEDFORD, M.R. Supplementation of corn-soy-based diets with an *Escherichia coli*-derived phytase: Effects on broiler chick performance and the

digestibility of amino acids and metabolizability of minerals and energy. **Poultry Science**, v.85, p.1389-97, 2006.

DERSJANT-LI, Y.; VAN DE BELT, K.; VAN DER KLIS, J. D. et al. Effect of multi-enzymes in combination with a direct-fed microbial on performance and welfare parameters in broilers under commercial production settings. **Journal of Applied Poultry Research**, v.24, p.80–90, 2015.

DILWORTH, L. L.; OMORUYI, F. O.; ASEMOTA, H. N. Digestive and absorptive enzymes in rats fed phytic acid extract from sweet potato (*Ipomoea batatas*), **Diabetologia Croatica**, v.34, p.59–65, 2005.

ERDMAN, J. W. Oilseed phytates - nutritional implications, **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v.56, p.736-741, 1979.

FARHADI, D.; KARIMI, A.; SADEGHI, GH. et al. Effects of a high dose of microbial phytase and myo-inositol supplementation on growth performance, tibia mineralization, nutrient digestibility, litter moisture content, and foot problems in broiler chickens fed phosphorus-deficient diets. **Poultry Science**, v.96, p.3664-3675, 2017.

FERREIRA, C. B.; GERALDO, A.; VIEIRA FILHO, J. A. et al. Associação de carboidrases e fitase em dietas valorizadas e seus efeitos sobre desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras leves. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, p. 249-254, 2015.

GARCIA, S. M. L.; FERNÁNDEZ, C. G. **Embriologia**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2001.

HARLAND, B. F.; MORRIS, E. R. Phytate: A good or a bad food component? **Nutrition Research**. v. 15, p. 733-754, 1995.

HINCKE, M. T. et al. Biosynthesis and structural assembly of eggshell components. In: MINE, Y. **Egg bioscience and biotechnology**. Wiley: Hoboken, cap. 2, p 97-128, 2008.

HUNTON, P. Research on eggshell structure and quality: An historical overview. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v. 7, p. 67-71, 2005.

IGBASAN, F.A.; MANNER, K.; MIKSCH, G. et al. Comparative studies on the in vitro properties of phytases from various microbial origins. **Archiv für Tierernährung**, v. 53, p. 353-373, 2000.

JÓZEFIK, D.; PTAK, A.; KACZMAREK, S. et al. Multi-carbohydrase and phytase supplementation improves growth performance and liver insulin receptor sensitivity in broiler chickens fed diets containing full-fat rapeseed. **Poultry Science**, v. 89, p. 1939–1946, 2010.

KARADAS, F.; PIRGOZLIEV, V.; PAPPAS, A. C. et al. Effects of different dietary phytase activities on the concentration of antioxidants in the liver of growing broilers. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 94, p. 519–526, 2010.

KIARIE, E.; WOYENGO, T.; NYACHOTI, C.M. Efficacy of new 6-phytase from *Buttiauxella* spp. on growth performance and nutrient retention in broiler chickens fed corn soybean meal-based diets. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.28, p.1479-87, 2015.

KUMAR, V.; MIASNIKOV, A. SANDS, J. S. et al. In vitro activities of three phytases under diferente pH and protease challenges, in **Proceedings of the Australian Pig Science Association**, p. 64, 2003.

LELIS, G. R.; AILBINO, L. F. T.; SILVA, C. R. et al. Suplementação dietética de fitase sobre o metabolismo de nutrientes de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.1768-1773, 2010.

LI, W.; ANGEL, R.; KIM, S.-W. et al. Impact of response criteria (tibia ash weight vs. percent) on phytase relative non phytate phosphorus equivalence. **Poultry Science**, v. 94, p. 2228-2234, 2015.

LIGEIRO, E.C. **Efeito da utilização da fitase sobre o desempenho, qualidade dos ovos, avaliação econômica e excreção de fósforo e nitrogênio de poedeiras comerciais alimentadas com rações contendo ingredientes alternativos**. 2007. 81f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, SP, 2007.

LIMA, H. J. D'A.; BARRETO, S. L. T.; ALBINO, L. F. T. et al. Aproveitamento de nutrientes e de energia da ração de codornas japonesas em postura com o uso de fitase. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.1517-1522, 2010.

LIMA, H. J. D'A.; BARRETO, S. L. T.; MENDES, F. R. et al. Viabilidade econômica do uso de fitase em rações para codornas japonesas em postura. **Global Science and Technology**, v.02, p.58-65, 2009.

LITZ, F. H.; FERNANDES, E. A; BUENO, J. P. R. et al. Digestibility, Determination of Metabolizable Energy and Bone Mineralization of Broilers Fed with Nutritionally Valued Phytase. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.19 p. 067-074, 2017.

LIU, N.; RU, Y. J.; LI, F. D. et al. Effect of diet containing phytate and phytase on the activity and messenger ribonucleic acid expression of carbohydrase and transporter in chickens. **Journal of Animal Science**, v. 86, p. 3432-3439, 2008.

LIU, N.; RU, Y. J.; LI, F. D. et al. Effect of dietary phytate and phytase on proteolytic digestion and growth regulation of broilers. **Archives of Animal Nutrition**, v. 63, p. 292–303, 2009.

LOTT, J. N. A.; OCKENDEN, I.; RABOY, V. et al. Phytic acid and phosphorus in crop seed and fruits: a global estimate. **Seed Science Research**, v. 10, p. 11–33, 2000.

MAGALHÃES, A. P. C. **Qualidade de ovos comerciais de acordo com a integridade da casca, tipo de embalagem e tempo de armazenamento**. 2007. 43 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, RJ, 2007.

MEDEIROS, F. M.; ALVES, M. G. M. Qualidade de ovos comerciais. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.11, p.3515-3524, 2014.

NAVES, L.P. **Metodologias para quantificar fitato e uso de fitases em rações para frangos de corte**. 2012. 151f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2012.

NYS, Y.; GAUTRON, J. Structure and formation of the eggshell. In: HUOPALAHTI, R.; LÓPEZ-FADIÑO, R.; ANTON, M.; SCHADE, R. **Bioactive egg compounds**. Berlim: Springer-Verlag, cap. 15, p. 99-102, 2007.

O'DELL, B. L.; DE BOLAND, A. R.; KOIRTYOHANN, S. R. Distribution of phytate and nutritionally important elements among morphological components of cereal grains, **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.20, p.718-723, 1972.

OLIVEIRA, R. G; PINHEIRO, S. R. F.; GOULART, K. B. et al. Available phosphorus in starter diets for meat-type quail. **Ciencia e investigación agraria.**, v. 42, p. 19-25, 2015.

OLUKOSI, O. A.; Biochemistry of phytate and phytases: Applications in monogastric nutrition. **Biokemistri**, v.24, p.58-63, 2012.

PANDEY, A.; SZAKACS, G.; SOCCOL, C. R. et al. Production purification and properties of microbial phytases. **Bioresource technology**, v. 77, p. 203-214, 2001.

PEREIRA, A. A.; JUNQUEIRA, O. M.; GRIEP JÚNIOR, D. N. et al. Phytase in diets with crude protein levels for commercial layers. **Acta Scientiarum**, v. 39, p. 163-168, 2017.

PIZZOLANTE, C. C. **Estabilidade da fitase e sua utilização na alimentação de frangos de corte**. 2000. 117f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

QUIRRENBACH, H. R.; KANUMFRE, F.; ROSSO, N. D. et al. Comportamento do ácido fítico na presença de Fe (II) e Fe (III), **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, p. 24-32, 2009.

REMUS, J. A avicultura e o meio ambiente colhem os benefícios da nova geração de fitases. **AveWorld**, v. 29, p. 56-62, 2007.

RIBEIRO JÚNIOR, V.; RIBEIRO, C. L. N.; MESSIAS, R. K. G. et al. Importância da Enzima Fitase na Nutrição Animal. **Revista Eletrônica Nutritime – ISSN**, v.12, p.4127-4139, 2015.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4ª ed. Viçosa: Departamento de Zootecnia, UFV, 488p. 2017.

SALDANHA, M. M. **Fitase na alimentação de frangos de corte**. 2015. 60f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

SANTOS, L. A.; GERALDO, A.; FERREIRA, C. B. Níveis de fitase em dietas com diferentes valorizações e seus efeitos sobre o desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras semi-pesadas, **I Jornada Científica e VI FIPA do CEFET**, Bambuí/MG, 2008.

SAUCEDA, D. G. **Qualidade de ovos e metabolismo em poedeiras com diferentes idades e fitase na dieta em sistema orgânico**. 2017. 117 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Agronomia, Porto Alegre, RS, 2017.

SELLE, P. H.; COWIESON, A. J.; RAVINDRAN, V. Consequences of calcium interactions with phytate and phytase for poultry and pigs. **Livestock Science**, v.124, p.126-141. 2009.

SELLE, P. H.; RAVINDRAN, V. Phytate-degrading enzymes in pig nutrition. **Livestock Science**, v. 113, p. 99-122. 2008.

SWENSON, M. J.; REECE, W. O. **Dukes Fisiologia dos Animais Domésticos** 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996.

THOMPSON, L. U.; YOON, J. H. Starch digestibility as affected by polyphenols and phytic acid. **Journal of Food Science**, v. 49, p. 1228, 1984.

TIZZIANI, T.; DONZELE, R. F. M. O.; DONZELE, J. L. et al. Available phosphorus levels in diets supplemented with phytase for male broilers aged 22 to 42 days kept in a high-temperature environment. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 45, p. 48-55, 2016.

TRUONG, H. H.; LIU, S. Y.; SELLE, P. H. Phytase influences the inherently different starch digestive dynamics of wheat- and maize-based broiler diets. **Proceedings, Australian Poultry Science Symposium**, v. 26, p. 126–129, 2015a.

TRUONG, H. H.; SHUKUN, Y.; MOSS, A. F. et al. Phytase inclusions of 500 and 2000 FTU/kg in maize-based broiler diets impact on growth performance, nutrient utilisation, digestive dynamics of starch, protein (N), sodium and IP6 phytate degradation in the gizzard and four small intestinal segments. **Animal Feed Science and Technology**, v. 223, p.13-22, 2017.

TRUONG, H. H.; YU, S.; PERON, A. et al. Phytase supplementation of maize- sorghum- and wheat- based broiler diets with identified starch pasting properties influences phytate (IP6) and sodium jejunal and ileal digestibility. **Animal Feed Science and Technology**. v. 198, p. 248- 256, 2014.

UNDERWOOD, E. J.; SUTTLE, F. **The mineral nutrition of livestock**. 3 ed. Wallingford: Cabi, p. 105-148, 1999.

VIEIRA, B. S.; CARAMORI JUNIOR, J. G.; CORREA, G. S. S. et al. Combination of phytase and citric acid, but not phytase alone, ensures regular rates of growth and bone mineralization in quails under severe phosphorus restriction. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.00, p.1-9, 2019.

WANG, X. T.; DENG, X. M.; ZHAO, C. J. et al. Study of the deposition process of eggshell pigments using an improved dissolution method. **Poultry Science**, v. 86, p. 2236-2238, 2007.

ZELLER, E.; SCHOLLENBERGER, M.; KÜHN, I. et al. Hydrolysis of phytate and formation of inositol phosphate isomers without or with supplemented phytases in different segments of the digestive tract of broilers. **Journal of Nutritional Science**, v. 4, 2015a.

CAPÍTULO I

Suplementação de fitase em dietas com redução nos níveis nutricionais para codornas de corte

Suplementação de fitase em dietas com redução nos níveis nutricionais para codornas de corte

Resumo: objetivou-se avaliar os efeitos da suplementação de fitase em dietas com redução nos níveis de fósforo disponível, cálcio, aminoácidos digestíveis e energia metabolizável para codornas de corte sob os parâmetros de desempenho, características de carcaça, morfometria intestinal e resistência óssea. Foram utilizadas 680 codornas europeias (*Coturnix coturnix coturnix*) de 1 a 45 dias de vida, distribuídas em delineamento inteiramente ao acaso com cinco tratamentos e oito repetições com 17 aves cada. Os tratamentos consistiram de uma dieta com redução de 0,150 e 0,165 pontos percentuais em fósforo disponível e cálcio, respectivamente, 10% nos níveis de aminoácidos digestíveis (metionina+cistina, lisina e treonina) e redução de 50 kcal/kg de energia metabolizável. Sobre esta dieta foram suplementadas 0; 500; 1.000; 1.500 e 2.000 FTU/kg de fitase. A fitase influenciou o ganho de peso, a conversão alimentar e o peso da carcaça ($P<0,05$). Com exceção da altura de vilo do íleo, todas as variáveis de morfometria intestinal foram influenciadas ($P<0,05$) pela enzima, assim como, a resistência de tíbia. Recomenda-se uma suplementação de fitase no nível de 1.000 FTU/kg, em rações com redução nos níveis de fósforo disponível, cálcio, aminoácidos digestíveis e energia metabolizável para codornas de corte.

Palavras-chave: aminoácidos, fitato, enzima, morfometria intestinal.

Phytase supplementation in diets with reduction in nutrient levels for quails

Abstract: It is aimed evaluate the effects of phytase supplementation in the diet with reduced levels of available phosphorus, calcium, amino acids digestible and metabolizable energy for quails in performance parameters, carcass traits, intestinal morphology and bone strength. 680 European quails (*Coturnix coturnix coturnix*) from 1 to 45 days-old, distributed in a completely randomized design with five treatments and eight replicates of 17 birds each. Treatments consisted of a diet with reduced 0.150 and 0.165 percentage points available phosphorus and calcium, respectively, in 10% digestible amino acid levels (methionine + cystine, lysine and threonine) and reduction of 50 kcal / kg metabolizable energy. On this diet were supplemented 0; 500; 1,000; 1,500 and 2,000 FTU / kg of phytase, feed conversion and carcass weight ($P < 0.05$). With the exception of ileus villus height, intestinal morphology of all variables were affected ($P < 0.05$) by the enzyme, as well as the tibia resistance. It is recommended to phytase supplementation level of 1,000 FTU / kg feed with a reduction in the levels of available phosphorus, calcium, amino acids digestible and metabolizable energy for quails.

Key words: amino acids, phytate, enzyme, intestinal morphology.

1. INTRODUÇÃO

O fósforo é um elemento mineral de grande importância para o funcionamento do organismo das aves, sendo de fundamental importância na constituição dos ossos e também é um componente essencial dos compostos orgânicos envolvidos em grande parte do metabolismo. Ele participa do metabolismo energético de carboidratos, de aminoácidos e de gorduras, do metabolismo do tecido neuromuscular, da química normal do sangue e do desenvolvimento do esqueleto (Scott et al., 1982).

Contudo, apesar de presente no milho e na soja, que são os principais componentes das rações, o fósforo em sua maior parte se encontra complexada na forma de fitato, em torno de 75% e 65%, respectivamente (ROSTAGNO et al., 2017). Na dieta de aves ele é um fator antinutricional, pois as mesmas não possuem a capacidade de sintetizar fitase endógena, enzima responsável pela sua degradação. A fitase é uma fosfatase que hidrolisa o fosfato a inositol e fosfato inorgânico, aumentando o uso do fósforo de origem vegetal e resultando em redução de 20 a 30% na excreção de fósforo pelas fezes (BONAPARTE, 2013)

Então, para suprir as exigências de fósforo das aves, sem afetar o seu desempenho, é necessário a adição de fontes inorgânicas; no entanto essa prática traz problemas para o meio ambiente devido ao alto teor de fósforo excretado através das fezes (OLIVEIRA et al., 2015). Ainda segundo o autor, esta prática também aumenta o custo da dieta, pois o fósforo é o terceiro nutriente mais caro da dieta e não tem substituto na ração.

Além de se complexar com o fósforo, o fitato também possui a capacidade de se ligar a outros minerais e aminoácidos, formando complexos insolúveis, diminuindo a disponibilidade e aumentando a excreção dos mesmos (KHALID et al., 2013). Desta forma, a melhor maneira de aumentar a utilização do fósforo fítico das rações é com a suplementação da enzima fitase (MANOBHAVAN et al., 2016).

Tizziani et al. (2016) observaram que o uso da fitase na dieta de frangos de corte proporcionou uma redução de 68,4% e 65,7% no fósforo disponível da dieta para os períodos de 22 a 33 e 34 a 42 dias de idade, respectivamente. Litz et al. (2017) relataram que a fitase proporcionou valores mais elevados de porcentagem de fósforo na mineralização óssea da tíbia de frangos de corte, mostrando que a fitase exógena é capaz de hidrolisar o fitato originários dos grãos da dieta e liberar o fósforo para a assimilação no organismo dos animais.

Alguns estudos sugerem que o nível de inclusão recomendado de fitase em dietas de aves é de 500 FTU/kg de fitase (KIARIE et al., 2015). No entanto, o uso de níveis mais elevados de fitase em dietas de animais recentemente ganhou atenção crescente. É relatado que mais de 1.000 FTU/kg de fitase melhoraram a utilização de fósforo e de outros nutrientes presentes nas

dietas para frangos de corte, em comparação com os níveis recomendados (COWIESON et al., 2006).

Porém, informações sobre o assunto são limitadas para codornas de corte. Desta maneira, este trabalho tem como objetivo avaliar os efeitos da suplementação de fitase em dietas com redução nos níveis de fósforo disponível, cálcio, aminoácidos digestíveis e energia metabolizável para codornas de corte.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Todos os procedimentos realizados durante o experimento seguiram as exigências da Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal da Paraíba (CEUA/UFPB) (Protocolo nº 041-2017).

2.1 Desenho experimental, instalações e dietas

O experimento foi conduzido no setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, Campus II, localizado na cidade de Areia – PB, Brasil.

Foram utilizadas 680 codornas europeias (*Coturnix coturnix coturnix*) de 1 dia de vida, distribuídas em um delineamento inteiramente ao acaso com 5 tratamentos e 8 repetições de 17 aves cada. Os tratamentos consistiram de uma dieta com redução de 0,150 e 0,165 pontos percentuais em fósforo disponível e cálcio, respectivamente, 10% nos níveis de aminoácidos digestíveis (metionina+cistina, lisina e treonina) e redução de 50 kcal/kg de energia metabolizável, das exigências recomendadas por Silva & Costa (2009). Sobre esta dieta foram suplementadas 0; 500; 1.000; 1.500 e 2.000 FTU/kg de fitase (Tabela 1, 2 e 3). A fitase utilizada foi proveniente de bactérias *Escherichia coli*, cuja matriz nutricional é: 500 FTU suplementados da enzima fornecem; 0,150% de fósforo disponível; 0,165% de cálcio; 0,035% de sódio; 0,017% de lisina; 0,004% de metionina; 0,035% de cistina; 0,033% de treonina; 0,421% de proteína bruta e 52kcal/kg de energia metabolizável.

As aves foram alojadas em gaiolas de arame galvanizado com dimensão de 70 x 50 x 30 cm, recebendo água e ração à vontade. O programa de luz adotado foi de 24h de luz (natural + artificial). A mortalidade foi registrada e utilizada para correções de consumo de ração e ganho de peso. O experimento foi dividido em três fases: 1-15 dias, 16-35 dias e 36-45 dias quanto ao programa de alimentação.

Tabela 1 – Composição e conteúdo de nutrientes das dietas para codornas de corte de 1 a 15 dias

| INGREDIENTES | TRATAMENTOS | | | | |
|--------------------------------------|-------------|----------|----------|----------|----------|
| | FTU | | | | |
| | 0 | 500 | 1000 | 1500 | 2000 |
| Milho, 7,88% | 56,510 | 56,510 | 56,510 | 56,510 | 56,510 |
| Farelo de soja, 45,22% | 40,550 | 40,550 | 40,550 | 40,550 | 40,550 |
| Calcário calcítico, 37% | 1,367 | 1,367 | 1,367 | 1,367 | 1,367 |
| Fosfato bicálcico, 19% | 0,247 | 0,247 | 0,247 | 0,247 | 0,247 |
| Sal comum | 0,379 | 0,379 | 0,379 | 0,379 | 0,379 |
| DL-Metionina | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 |
| L-Lisina HCl | 0,108 | 0,108 | 0,108 | 0,108 | 0,108 |
| L-Treonina | 0,162 | 0,162 | 0,162 | 0,162 | 0,162 |
| Cloreto de colina, 60% | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 |
| Premix vitamínico ¹ | 0,100 | 0,100 | 0,100 | 0,100 | 0,100 |
| Premix mineral ² | 0,100 | 0,100 | 0,100 | 0,100 | 0,100 |
| Antioxidante ³ | 0,010 | 0,010 | 0,010 | 0,010 | 0,010 |
| Coccidiotástico ⁴ | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 |
| Promotor de Crescimento ⁵ | 0,035 | 0,035 | 0,035 | 0,035 | 0,035 |
| Inerte ⁶ | 0,040 | 0,030 | 0,020 | 0,010 | 0,000 |
| Fitase ⁷ | 0,000 | 0,010 | 0,020 | 0,030 | 0,040 |
| TOTAL (kg) | 100,000 | 100,000 | 100,000 | 100,000 | 100,000 |
| COMPOSIÇÃO QUÍMICA | | | | | |
| PB, % | 23,190 | 23,190 | 23,190 | 23,190 | 23,190 |
| EM, kcal/kg | 2850,000 | 2850,000 | 2850,000 | 2850,000 | 2850,000 |
| Met + Cis dig, % | 0,940 | 0,940 | 0,940 | 0,940 | 0,940 |
| Lis dig, % | 1,230 | 1,230 | 1,230 | 1,230 | 1,230 |
| Treo dig, % | 0,940 | 0,940 | 0,940 | 0,940 | 0,940 |
| Cálcio, % | 0,690 | 0,690 | 0,690 | 0,690 | 0,690 |
| Fósforo disp., % | 0,170 | 0,170 | 0,170 | 0,170 | 0,170 |
| Fósforo total, % | 0,410 | 0,410 | 0,410 | 0,410 | 0,410 |
| Sódio, % | 0,170 | 0,170 | 0,170 | 0,170 | 0,170 |
| Cloro, % | 0,280 | 0,280 | 0,280 | 0,280 | 0,280 |
| Potássio, % | 0,890 | 0,890 | 0,890 | 0,890 | 0,890 |

¹Premix Vitamínico (concentração/kg de produto): Vit. A - 15 mil UI, Vit. D3 - 1,500,000 UI. Vit. E - wm 15000; Vit.B1 - 2.0 g, Vit. B2 - 4.0 g Vit. B6 - 3.0 g, Vit. B12 - 0015 g, ácido nicotínico - 25 g, ácido pantoténico - 10 g; Vit.K3 - 3.0 g, ácido fólico - 1.0 g.

²Premix Mineral (concentração/kg de produto): Mn - 60 g, Fe - 80 g, Zn - 50 g, Cu - 10 g, Co - 2 g, I - 1 g e Se - 250 mg.

³Antioxidante = BHT = 100 g/ton; Quantidade suficiente para 1000 g de veículos.

⁴Anticoccidiano = Avensin.

⁵Promotor de crescimento peptídeo obtido a partir de Bacillus colistinus = Colimpex.

⁶Areia lavada.

⁷Enzima fitase = 100 gramas/tonelada fornece 500 FTUs/kg de ração.

Exigências Silva & Costa (2009): EM – 2900 kcal/kg; PB – 25 %; Met + Cis – 1,034 %; Lis – 1,353 %; Treo – 1,034 %; Ca – 0,855 %; P disp – 0,320.

Tabela 2 - Composição e conteúdo de nutrientes das dietas para codornas de corte de 16 a 35 dias

| INGREDIENTES | TRATAMENTOS | | | | |
|--------------------------------------|-------------|----------|----------|----------|----------|
| | FTU | | | | |
| | 0 | 500 | 1000 | 1500 | 2000 |
| Milho, 7,88% | 59,622 | 59,622 | 59,622 | 59,622 | 59,622 |
| Farelo de soja, 45,22% | 37,333 | 37,333 | 37,333 | 37,333 | 37,333 |
| Óleo de soja | 0,600 | 0,600 | 0,600 | 0,600 | 0,600 |
| Calcário calcítico, 37% | 1,232 | 1,232 | 1,232 | 1,232 | 1,232 |
| Fosfato bicálcico, 19% | 0,169 | 0,169 | 0,169 | 0,169 | 0,169 |
| Sal comum | 0,354 | 0,354 | 0,354 | 0,354 | 0,354 |
| DL-Metionina | 0,240 | 0,240 | 0,240 | 0,240 | 0,240 |
| L-Lisina HCl | 0,009 | 0,009 | 0,009 | 0,009 | 0,009 |
| L-Treonina | 0,080 | 0,080 | 0,080 | 0,080 | 0,080 |
| Cloreto de colina, 60% | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 |
| Premix vitamínico ¹ | 0,100 | 0,100 | 0,100 | 0,100 | 0,100 |
| Premix mineral ² | 0,100 | 0,100 | 0,100 | 0,100 | 0,100 |
| Antioxidante ³ | 0,010 | 0,010 | 0,010 | 0,010 | 0,010 |
| Coccidiotástico ⁴ | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 |
| Promotor de Crescimento ⁵ | 0,035 | 0,035 | 0,035 | 0,035 | 0,035 |
| Inerte ⁶ | 0,040 | 0,030 | 0,020 | 0,010 | 0,000 |
| Fitase ⁷ | 0,000 | 0,010 | 0,020 | 0,030 | 0,040 |
| TOTAL (kg) | 100,000 | 100,000 | 100,000 | 100,000 | 100,000 |
| COMPOSIÇÃO QUÍMICA | | | | | |
| PB, % | 21,700 | 21,700 | 21,700 | 21,700 | 21,700 |
| EM, kcal/kg | 2925,000 | 2925,000 | 2925,000 | 2925,000 | 2925,000 |
| Met + Cis dig, % | 0,830 | 0,830 | 0,830 | 0,830 | 0,830 |
| Lis dig, % | 1,080 | 1,080 | 1,080 | 1,080 | 1,080 |
| Treo dig, % | 0,820 | 0,820 | 0,820 | 0,820 | 0,820 |
| Cálcio, % | 0,610 | 0,610 | 0,610 | 0,610 | 0,610 |
| Fósforo disp., % | 0,150 | 0,150 | 0,150 | 0,150 | 0,150 |
| Fósforo total, % | 0,390 | 0,390 | 0,390 | 0,390 | 0,390 |
| Sódio, % | 0,160 | 0,160 | 0,160 | 0,160 | 0,160 |
| Cloro, % | 0,260 | 0,260 | 0,260 | 0,260 | 0,260 |
| Potássio, % | 0,850 | 0,850 | 0,850 | 0,850 | 0,850 |

¹Premix Vitamínico (concentração/kg de produto): Vit. A - 15 mil UI, Vit. D3 - 1,500,000 UI. Vit. E - wm 15000; Vit.B1 - 2.0 g, Vit. B2 - 4.0 g Vit. B6 - 3.0 g, Vit. B12 - 0015 g, ácido nicotínico - 25 g, ácido pantoténico - 10 g; Vit.K3 - 3.0 g, ácido fólico - 1.0 g.

²Premix Mineral (concentração/kg de produto): Mn - 60 g, Fe - 80 g, Zn - 50 g, Cu - 10 g, Co - 2 g, I - 1 g e Se - 250 mg.

³Antioxidante = BHT = 100 g/ton; Quantidade suficiente para 1000 g de veículos.

⁴Anticoccidiano = Avensin.

⁵Promotor de crescimento peptídeo obtido a partir de Bacillus colistinus = Colimpex.

⁶Areia lavada.

⁷Enzima fitase = 100 gramas/tonelada fornece 500 FTUs/kg de ração.

Exigências Silva & Costa (2009): EM – 2975 kcal/kg; PB – 22 %; Met + Cis – 0,913 %; Lis – 1,188 %; Treo – 0,912 %; Ca – 0,775 %; P disp – 0,300.

Tabela 3 - Composição e conteúdo de nutrientes das dietas para codornas de corte de 36 a 45 dias

| INGREDIENTES | TRATAMENTOS | | | | |
|--------------------------------------|-------------|----------|----------|----------|----------|
| | FTU | | | | |
| | 0 | 500 | 1000 | 1500 | 2000 |
| Milho, 7,88% | 66,600 | 66,600 | 66,600 | 66,600 | 66,600 |
| Farelo de soja, 45,22% | 30,770 | 30,770 | 30,770 | 30,770 | 30,770 |
| Óleo de soja | 0,500 | 0,500 | 0,500 | 0,500 | 0,500 |
| Calcário calcítico, 37% | 1,145 | 1,145 | 1,145 | 1,145 | 1,145 |
| Fosfato bicálcico, 19% | 0,065 | 0,065 | 0,065 | 0,065 | 0,065 |
| Sal comum | 0,329 | 0,329 | 0,329 | 0,329 | 0,329 |
| DL-Metionina | 0,183 | 0,183 | 0,183 | 0,183 | 0,183 |
| L-Lisina HCl | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 |
| L-Treonina | 0,080 | 0,080 | 0,080 | 0,080 | 0,080 |
| Cloreto de colina, 60% | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 |
| Premix vitamínico ¹ | 0,100 | 0,100 | 0,100 | 0,100 | 0,100 |
| Premix mineral ² | 0,100 | 0,100 | 0,100 | 0,100 | 0,100 |
| Antioxidante ³ | 0,010 | 0,010 | 0,010 | 0,010 | 0,010 |
| Coccidiotástico ⁴ | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 |
| Promotor de Crescimento ⁵ | 0,035 | 0,035 | 0,035 | 0,035 | 0,035 |
| Inerte ⁶ | 0,040 | 0,030 | 0,020 | 0,010 | 0,000 |
| Fitase ⁷ | 0,000 | 0,010 | 0,020 | 0,030 | 0,040 |
| TOTAL (kg) | 100,000 | 100,000 | 100,000 | 100,000 | 100,000 |
| COMPOSIÇÃO QUÍMICA | | | | | |
| PB, % | 19,300 | 19,300 | 19,300 | 19,300 | 19,300 |
| EM, kcal/kg | 3000,000 | 3000,000 | 3000,000 | 3000,000 | 3000,000 |
| Met + Cis dig, % | 0,720 | 0,720 | 0,720 | 0,720 | 0,720 |
| Lis dig, % | 0,920 | 0,920 | 0,920 | 0,920 | 0,920 |
| Treo dig, % | 0,700 | 0,700 | 0,700 | 0,700 | 0,700 |
| Cálcio, % | 0,540 | 0,540 | 0,540 | 0,540 | 0,540 |
| Fósforo disp., % | 0,120 | 0,120 | 0,120 | 0,120 | 0,120 |
| Fósforo total, % | 0,350 | 0,350 | 0,350 | 0,350 | 0,350 |
| Sódio, % | 0,150 | 0,150 | 0,150 | 0,150 | 0,150 |
| Cloro, % | 0,250 | 0,250 | 0,250 | 0,250 | 0,250 |
| Potássio, % | 0,750 | 0,750 | 0,750 | 0,750 | 0,750 |

¹Premix Vitamínico (concentração/kg de produto): Vit. A - 15 mil UI, Vit. D3 - 1,500,000 UI. Vit. E - 15000; Vit.B1 - 2.0 g, Vit. B2 - 4.0 g Vit. B6 - 3.0 g, Vit. B12 - 0015 g, ácido nicotínico - 25 g, ácido pantoténico - 10 g; Vit.K3 - 3.0 g, ácido fólico - 1.0 g.

²Premix Mineral (concentração/kg de produto): Mn - 60 g, Fe - 80 g, Zn - 50 g, Cu - 10 g, Co - 2 g, I - 1 g e Se - 250 mg.

³Antioxidante = BHT = 100 g/ton; Quantidade suficiente para 1000 g de veículos.

⁴Anticoccidiano = Avensin.

⁵Promotor de crescimento peptídeo obtido a partir de Bacillus colistinus = Colimpex.

⁶Areia lavada.

⁷Enzima fitase = 100 gramas/tonelada fornece 500 FTUs/kg de ração.

Exigências Silva & Costa (2009): EM – 3050 kcal/kg; PB – 22 %; Met + Cis – 0,792 %; Lis – 1,012 %; Treo – 0,77 %; Ca – 0,705 %; P disp – 0,270.

2.2 Variáveis analisadas

2.2.1 Desempenho

As variáveis para avaliação do desempenho zootécnico, durante as três fases de criação, foram o consumo de ração (CR, g/ave), o ganho de peso (GP, g/ave), conversão alimentar (CA, g/g) e viabilidade (%). As mensurações para tal avaliação foram determinadas ao final de cada fase (1 a 15; 1 a 35 e 1 a 45 dias).

Para avaliação de consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar as rações e as aves foram pesadas no início e no final de cada fase do experimento. O consumo de ração foi obtido pela diferença entre o fornecido e as sobras de cada fase. O ganho de peso foi obtido pela diferença entre o peso final e o inicial de cada fase. A conversão alimentar foi obtida através da relação entre o consumo de ração o ganho de peso, em cada fase as mortalidades foram anotadas e utilizadas para as correções nos dados de desempenho. A viabilidade foi encontrada dividindo-se o número de aves final em cada fase do experimento pelo número de aves inicial multiplicando-se por 100. Para a análise estatística de desempenho foram utilizadas as fases (1 a 15; 1 a 35 e 1 a 45 dias), pois os animais não foram substituídos entre as fases, indicando um efeito residual da fase anterior.

2.2.2 Características de carcaça

Aos 45 dias de idade, três animais foram selecionados de acordo com o peso médio da parcela e após jejum alimentar de 6 horas foram abatidos e utilizados para as análises de características de carcaça.

Avaliou-se o peso vivo dos animais em jejum (PVJ, g/ave), com auxílio de uma balança semi-analítica. Para o peso da carcaça (PCAR, g/ave) as aves foram depenadas, evisceradas e retiradas a cabeça e os pés, após esse procedimento realizou-se os cortes para obtenção do peso e rendimento de peito (PP e RP) e coxas (PC e RC), respectivamente. O rendimento da carcaça (RCAR) foi obtido a partir da relação entre o peso da carcaça (PCAR) e o peso vivo em jejum (PVJ) da codorna viva aos 45 dias de idade. Os demais rendimentos foram obtidos em relação ao peso da carcaça.

2.2.3 Morfometria intestinal

As mesmas aves eutanasiadas para realização da análise anterior foram utilizadas para realização da morfometria intestinal. Para tanto, procedeu-se à coleta da porção média do duodeno, jejuno e íleo de oito aves por tratamento e foram fixadas por imersão em formol 10%

e subsequentemente submetidas a rotina histológica, embebidas em parafina, seccionadas a 5 micrômetros de espessura e coradas em PAS (ácido periódico de Schiff). Imagens digitais foram colhidas através de câmera acoplada a um microscópio de luz Olympus BX-40, para o estudo morfométrico da mucosa intestinal. As imagens foram analisadas por meio do software Motic Image Plus 2.0. Nos segmentos intestinais foram obtidas a altura das vilosidades e a profundidade da criptas e então foram calculadas as relações vilo:cripta. Para cada variável, foram realizadas 9 medidas por animal.

2.2.4 Resistência óssea

As mesmas aves eutanasiadas para realização da análise de características de carcaça foram utilizadas para realização da análise de resistência óssea. Para tanto, foram coletadas as tíbias esquerdas de três aves/rep, congeladas e secas à temperatura ambiente para a realização da análise (Kim, 2004). Foi utilizado o aparelho universal de teste TA-XT Plus Stable Micro Systems (Surrey, UK) com uma célula de carga de 50 kg à uma velocidade de 50 mm/min. O acessório para fratura Point Bend Rig (HDP/3PB), Stable Micro Systems, foi regulado para permitir que o vão livre da diáfise fosse de 3,0 cm (PARK et al., 2003).

2.3 Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância com auxílio do programa estatístico R versão 3.5.1, e para as variáveis que apresentaram diferença estatística foi utilizado a análise de regressão para determinação do melhor nível de fitase.

3. RESULTADOS

3.1 Desempenho

Na fase de 1 a 15 dias a suplementação de fitase não influenciou o consumo de ração, conversão alimentar e a viabilidade de codornas de corte (Tabela 4). Por outro lado, o ganho de peso foi influenciado de forma quadrática ($P=0,0249$) com nível de suplementação de fitase estimado em 1.087 FTUs/kg de fitase (Tabela 4, figura 1).

Tabela 4 – Desempenho de codornas de corte, de 1 a 15 dias, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase

| Níveis de fitase (FTUs/kg) | Ganho de peso (g/ave) | Consumo de ração (g/ave) | Conversão alimentar (g/g) | Viabilidade (%) |
|----------------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------|
| 0 | 86,03 | 186,90 | 2,17 | 97,06 |
| 500 | 89,40 | 183,47 | 2,05 | 97,06 |
| 1000 | 91,79 | 184,20 | 2,01 | 100,00 |
| 1500 | 89,69 | 181,68 | 2,03 | 100,00 |
| 2000 | 88,73 | 182,56 | 2,06 | 100,00 |
| CV (%) | 4,80 | 5,10 | 5,60 | 2,80 |
| Valor P | | | | |
| L | 0,0140 | ns | ns | ns |
| Q | 0,0249* | ns | ns | ns |

CV = coeficientes de variação; L = efeito linear; Q = efeito quadrático; ns = não significativo.

* $Y = 86,109 + 0,0087x - 0,000004x^2$; $R^2 = 0,90$; Ponto de máx.: 1.087 FTUs/kg.

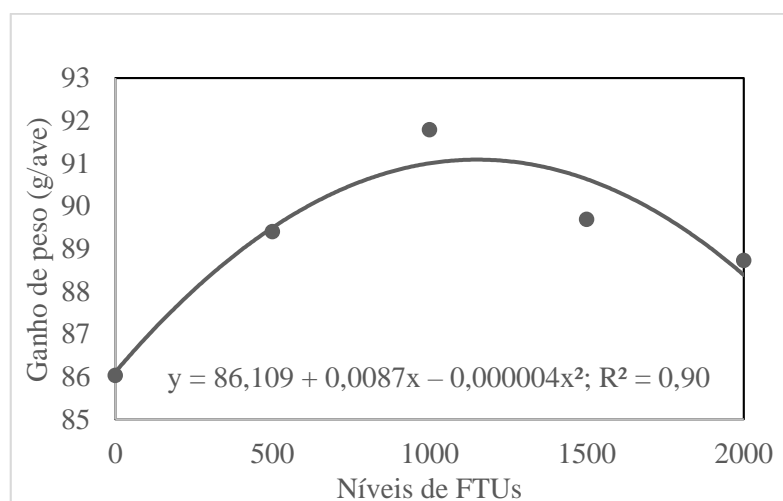


Figura 1. Ganho de peso de codornas de corte, de 1 a 15 dias, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase.

Na fase de 1 a 35 dias o consumo de ração e a viabilidade não foram influenciados pela suplementação de fitase (Tabela 5). Porém, o ganho de peso e a conversão alimentar foram influenciados de forma quadrática ($P=0,0375$ e $P=0,0098$, respectivamente) com níveis de

suplementação de fitase estimado em 1.230 e 1.500 FTUs/kg de fitase, respectivamente (Tabela 5, figuras 2 e 3).

Tabela 5 – Desempenho de codornas de corte, de 1 a 35 dias, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase

| Níveis de fitase (FTUs/kg) | Ganho de peso (g/ave) | Consumo de ração (g/ave) | Conversão alimentar (g/g) | Viabilidade (%) |
|----------------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------|
| 0 | 228,01 | 756,78 | 3,32 | 98,53 |
| 500 | 235,76 | 755,68 | 3,21 | 94,76 |
| 1000 | 245,55 | 754,95 | 3,07 | 97,79 |
| 1500 | 240,15 | 751,48 | 3,13 | 95,59 |
| 2000 | 238,35 | 751,27 | 3,15 | 99,26 |
| CV (%) | 4,8 | 5,1 | 3,9 | 5,9 |
| Valor P | | | | |
| L | 0,0122 | ns | 0,0014 | ns |
| Q | 0,0365* | ns | 0,0098** | ns |

CV = coeficientes de variação; L = efeito linear; Q = efeito quadrático; ns = não significativo.

* $Y = 227,65 + 0,0246x - 0,00001x^2$; $R^2 = 0,89$; Ponto de máx.: 1.230 FTUs/kg.

** $Y = 3,3236 - 0,0003x + 0,0000001x^2$; $R^2 = 0,93$; Ponto de mín.: 1.500 FTUs/kg

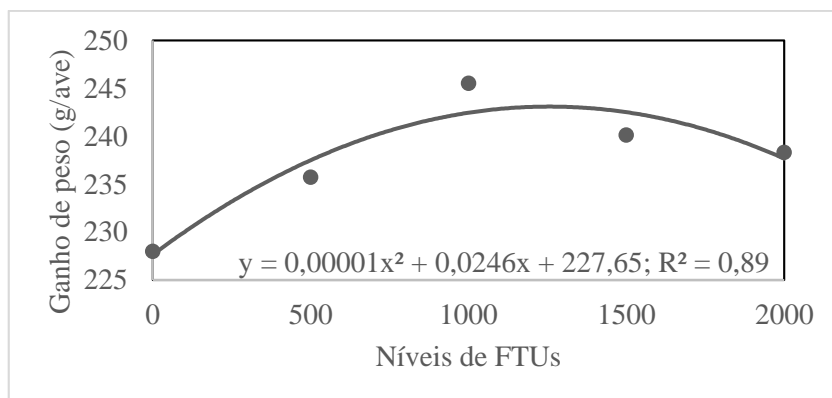


Figura 2. Ganho de peso de codornas de corte, de 1 a 35 dias, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase.

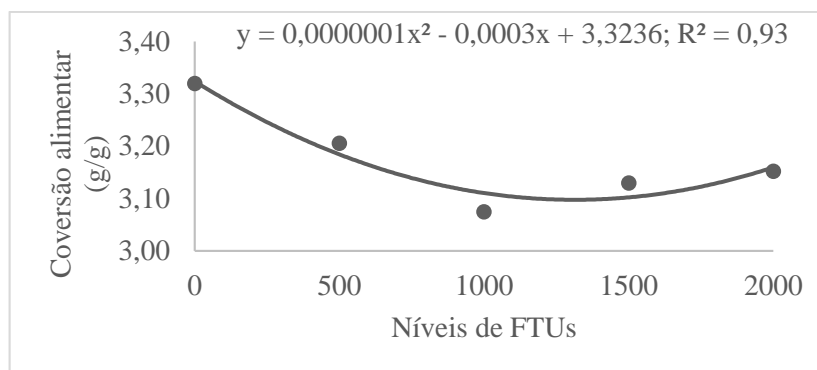


Figura 3. Conversão alimentar de codornas de corte, de 1 a 35 dias, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase.

Na fase de 1 a 45 dias a suplementação de fitase não influenciou o consumo de ração e viabilidade de codornas de corte (Tabela 6). Por outro lado, o ganho de peso e a conversão alimentar foram influenciados de forma quadrática ($P=0,0140$; $P=0,0044$; respectivamente) com níveis de suplementação de fitase estimado em 1.105 e 1.000 FTUs/kg de fitase, respectivamente (Tabela 6, figuras 4 e 5).

Tabela 6 – Desempenho de codornas de corte, de 1 a 45 dias, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase

| Níveis de fitase (FTUs/kg) | Ganho de peso (g/ave) | Consumo de ração (g/ave) | Conversão alimentar (g/g) | Viabilidade (%) |
|----------------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------|
| 0 | 262,80 | 1105,04 | 4,20 | 94,85 |
| 500 | 269,97 | 1104,60 | 4,09 | 91,91 |
| 1000 | 277,13 | 1115,47 | 4,03 | 97,06 |
| 1500 | 269,26 | 1104,01 | 4,10 | 96,32 |
| 2000 | 265,43 | 1131,96 | 4,26 | 95,59 |
| CV | 4,0 | 5,0 | 4,3 | 7,1 |
| Valor de P | | | | |
| L | 0,0140 | ns | 0,0094 | ns |
| Q | 0,0140* | ns | 0,0044** | ns |

CV = coeficientes de variação; L = efeito linear; Q = efeito quadrático; ns = não significativo.

* $Y = 262,72 + 0,0221x - 0,00001x^2$; $R^2 = 0,85$; Ponto de máx.= 1.105 FTUs/kg

** $Y = 4,2112 - 0,0004x + 0,0000002x^2$; $R^2 = 0,99$; Ponto de máx.=1.000 FTUs/kg.

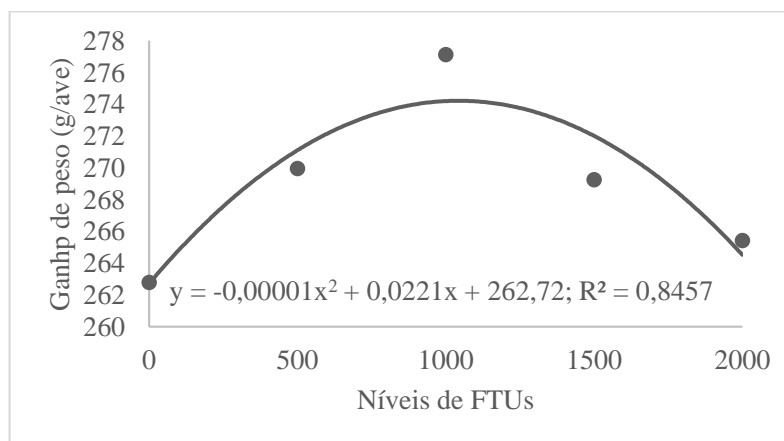


Figura 4. Ganho de peso de codornas de corte, de 1 a 45 dias, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase.

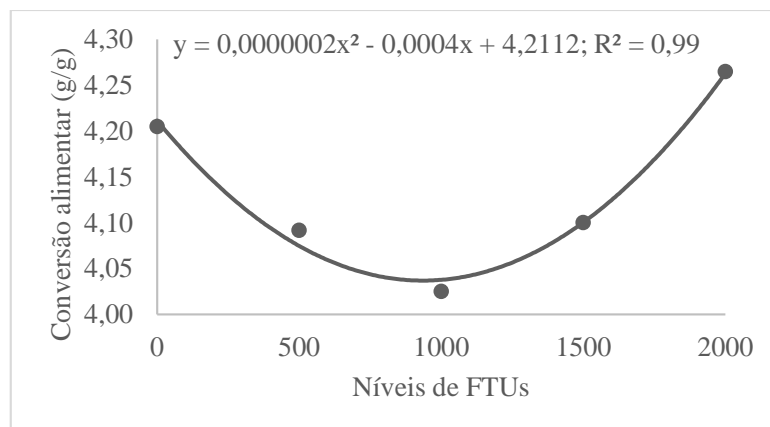


Figura 5. Conversão alimentar de codornas de corte, de 1 a 45 dias, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase.

3.2 Características de carcaça

De acordo com os dados apresentados na tabela 7, observa-se que a suplementação de fitase não influenciou as variáveis analisadas, com exceção do peso de carcaça que foi influenciado de forma quadrática ($P = 0,00662$) com nível de suplementação de fitase estimado em 1.145 FTUs/kg de fitase (Tabela 7, figura 6).

Tabela 7 – Características de carcaça de codornas de corte aos 45 dias alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase

| Níveis de Fitase (FTUs/kg) | Peso vivo em jejum (g/ave) | Peso de Carcaça (g/ave) | Peso de Peito (g/ave) | Peso de Coxa (g/ave) | Rendimento de carcaça (%) | Rendimento de peito (%) | Rendimento de coxa (%) |
|----------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------|
| 0 | 249,62 | 175,13 | 65,09 | 15,69 | 70,32 | 37,19 | 8,97 |
| 500 | 261,87 | 184,79 | 67,43 | 16,55 | 70,65 | 36,57 | 8,99 |
| 1000 | 265,13 | 190,56 | 69,62 | 16,92 | 71,95 | 36,54 | 8,89 |
| 1500 | 258,44 | 180,31 | 66,45 | 15,99 | 69,90 | 36,77 | 8,86 |
| 2000 | 253,71 | 178,26 | 65,92 | 16,51 | 70,32 | 37,15 | 9,29 |
| CV (%) | 5,23 | 5,47 | 8,24 | 8,64 | 5,91 | 7,72 | 9,40 |
| Valor P | | | | | | | |
| L | ns | 0,92465 | ns | ns | ns | ns | ns |
| Q | ns | 0,0066* | ns | ns | ns | ns | ns |

CV= coeficientes de variação; L= efeito linear; Q= efeito quadrático; ns= não significativo

*Y= 175,8804 + 0,0229x – 0,00001x²; R²= 0,76; Ponto de máx.= 1.145 FTUs/kg

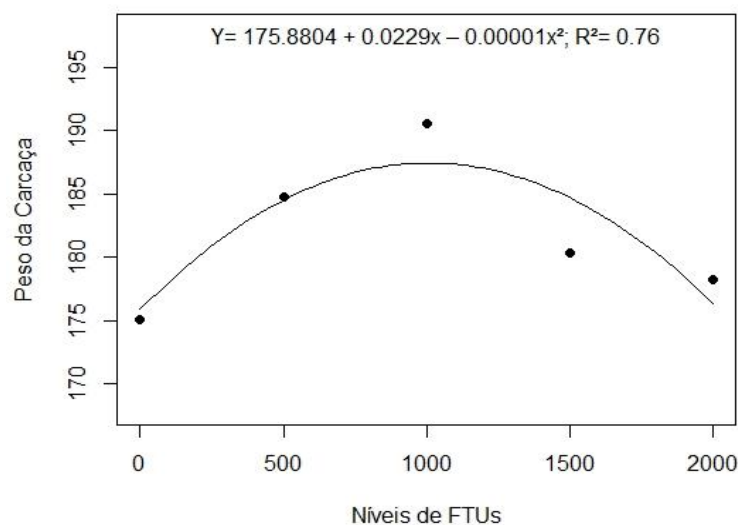


Figura 6. Peso de carcaça de codornas de corte aos 45 dias alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase.

3.3 Morfometria intestinal

Na Tabela 8 estão expressos os resultados da morfometria intestinal de codornas de corte aos 45 dias de vida.

Na análise morfométrica do duodeno e jejuno, a fitase influenciou todas as variáveis analisadas. A variável altura de vilo foi influenciada de forma linear em ambos os tecidos ($P=0,00015$ e $P=0,00248$, respectivamente) (Tabela 8, figuras 7 e 10). Já as variáveis profundidade de cripta e relação vilo:cripta foram influenciadas de forma quadrática, tanto no duodeno como no jejuno ($P=0,00429$ e $P=0,0023$, $P=0,03405$ e $P=0,0184$, respectivamente) com níveis de suplementação da enzima estimado em 805 e 1.000 FTUs/kg, 895 e 1.525 FTUs/kg, respectivamente (Tabela 8, figuras 8, 9, 11 e 12).

No íleo, a altura de vilo não foi influenciada pela suplementação de fitase (Tabela 8). Por outro lado, a profundidade de cripta e a relação vilo:cripta foram influenciadas de forma quadrática ($P=0,00502$ e $P=0,005$, respectivamente) (Tabela 8, figuras 13 e 14) com níveis de suplementação estimado em 615 e 1100 FTUs/kg, respectivamente.

Tabela 8 – Morfometria intestinal de codornas de corte, aos 45 dias de idade, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase.

| Níveis de Fitase FTUs/kg | Altura de Vilo um | Profundidade de Cripta um | Relação V:C um/um |
|-----------------------------|----------------------|------------------------------|----------------------|
| Duodeno | | | |
| 0 | 705,100 | 102,769 | 6,891 |
| 500 | 763,997 | 98,565 | 7,833 |
| 1000 | 747,662 | 92,224 | 8,122 |
| 1500 | 809,757 | 108,850 | 7,463 |
| 2000 | 805,036 | 112,319 | 7,186 |
| CV (%) | 6,75 | 9,18 | 8,21 |
| Valor P | | | |
| L | 0,00015 ¹ | 0,00965 | 0,70296 |
| Q | 0,50453 | 0,00429 ² | 0,00023 ³ |
| Jejuno | | | |
| 0 | 514,768 | 54,365 | 9,566 |
| 500 | 602,444 | 47,878 | 12,759 |
| 1000 | 605,996 | 44,329 | 13,714 |
| 1500 | 588,037 | 38,057 | 15,566 |
| 2000 | 674,960 | 43,430 | 15,551 |
| CV (%) | 13,61 | 14,8 | 12,24 |
| Valor P | | | |
| L | 0,00248 ⁴ | 0,00025 | 0,00001 |
| Q | 0,76190 | 0,03405 ⁵ | 0,0184 ⁶ |
| Íleo | | | |
| 0 | 537,621 | 46,115 | 11,558 |
| 500 | 487,676 | 38,903 | 12,510 |
| 1000 | 518,830 | 36,492 | 14,250 |
| 1500 | 509,787 | 41,617 | 12,333 |
| 2000 | 447,38 | 40,127 | 11,147 |
| CV (%) | 18,41 | 10,53 | 14,94 |
| Valor P | | | |
| L | ns | 0,13718 | 0,48166 |
| Q | ns | 0,00502 ⁷ | 0,00500 ⁸ |

CV= coeficientes de variação; L= efeito linear; Q= efeito quadrático; ns= não significativo

¹Y= 716,0281 + 0,0497x; R²= 0,81;

²Y= 102,4985 – 0,0161x + 0,00001x²; R²= 0,74; Ponto mín.= 805 FTUs/kg;

³Y= 6,9678 + 0,002x – 0,000001x²; R²= 0,85; Ponto máx.= 1.000 FTUs/kg;

⁴Y= 536,4372 + 0,0614x; R²= 0,72;

⁵Y= 54,8836 – 0,0179x + 0,00001x²; R²= 0,91; Ponto mín.= 895 FTUs/kg;

⁶Y= 9,6926 + 0,0061x – 0,000002x²; R²= 0,98; Ponto máx.= 1.525 FTUs/kg;

⁷Y= 45,076 – 0,0123x + 0,00001x²; R²= 0,63; Ponto mín.= 615 FTUs/kg;

⁸Y= 11,4085 + 0,0044x – 0,000002x²; R²= 0,81; Ponto máx.= 1.100 FTUs/kg.

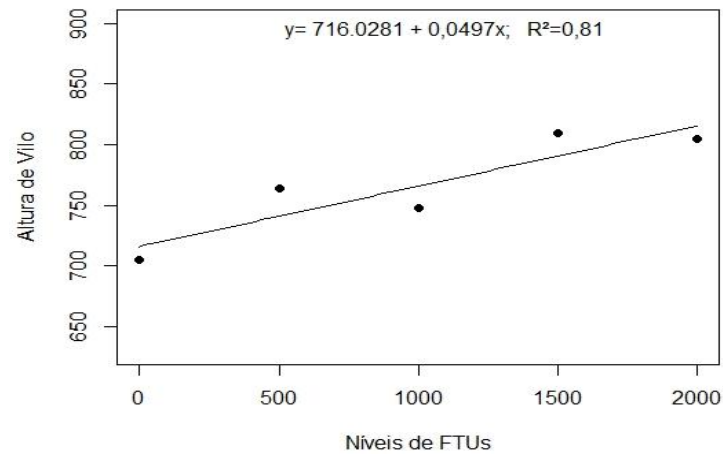


Figura 7. Altura de vilo do duodeno de codornas de corte, aos 45 dias de idade, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase.

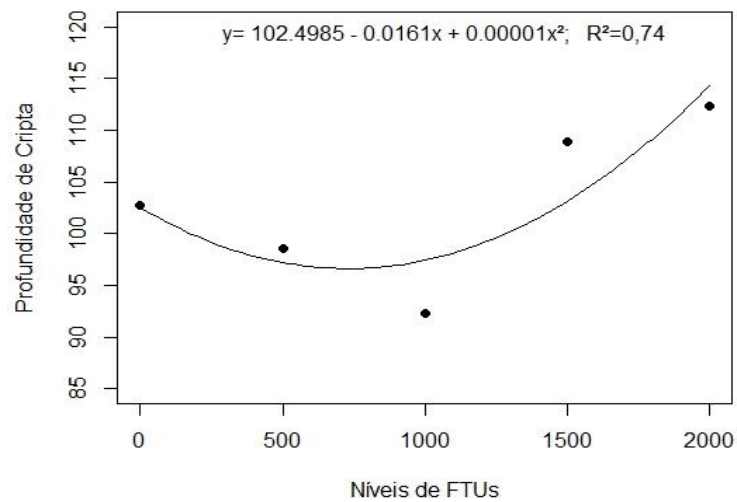


Figura 8. Profundidade de cripta do duodeno de codornas de corte, aos 45 dias de idade, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase.

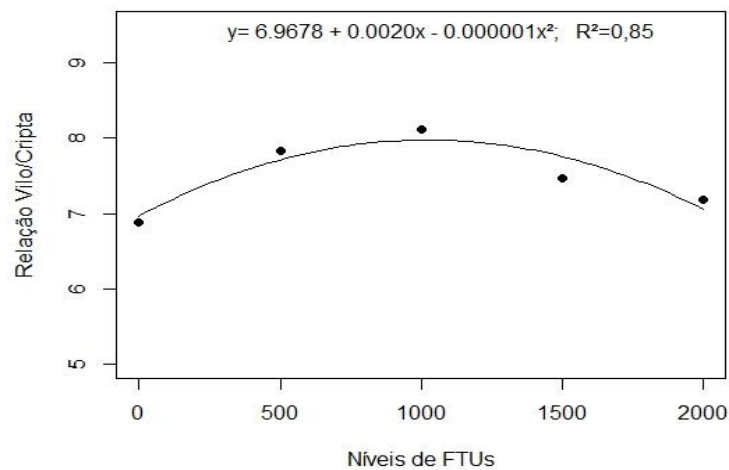


Figura 9. Relação vilo/cripta do duodeno de codornas de corte, aos 45 dias de idade, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase.

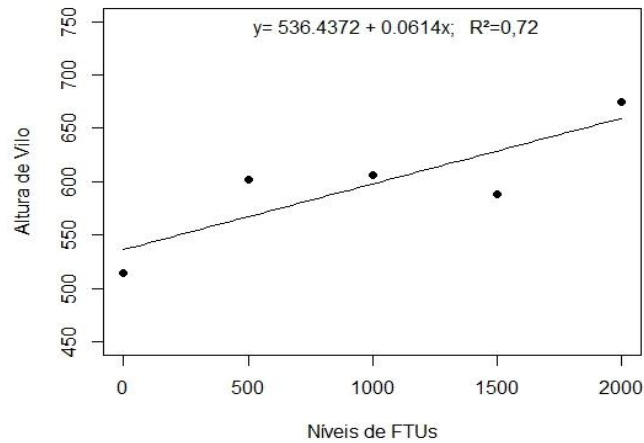


Figura 10. Altura de vilo do jejuno de codornas de corte, aos 45 dias de idade, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase.

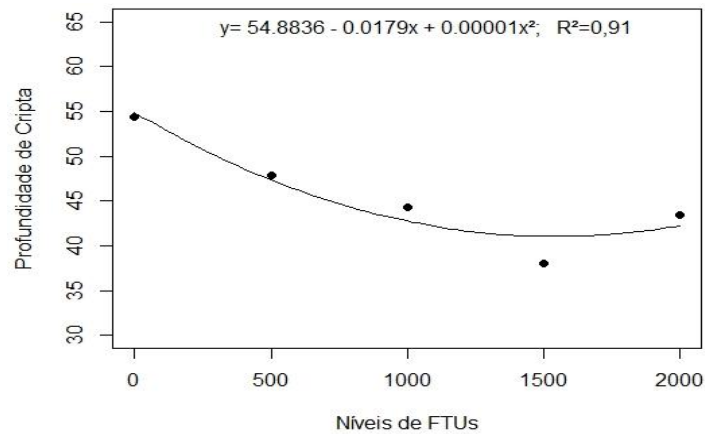


Figura 11. Profundidade de cripta do jejuno de codornas de corte, aos 45 dias de idade, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase.

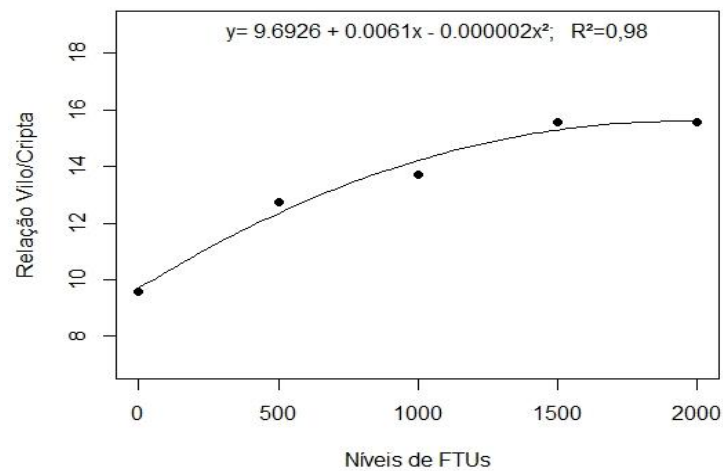


Figura 12. Relação vilo/cripta do jejuno de codornas de corte, aos 45 dias de idade, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase.

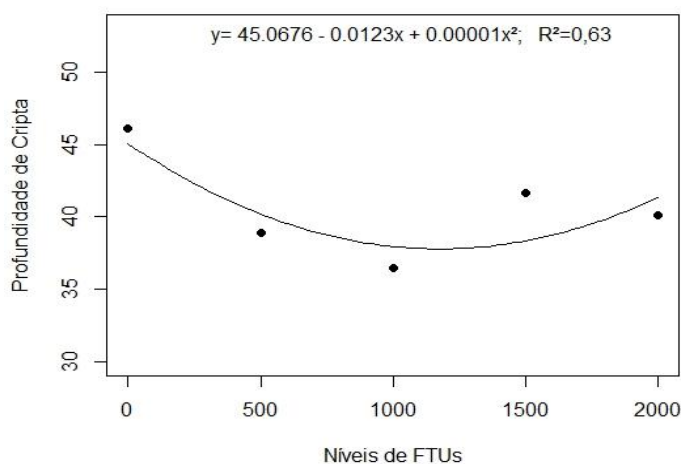


Figura 13. Profundidade de cripta do fêo de codornas de corte, aos 45 dias de idade, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase.

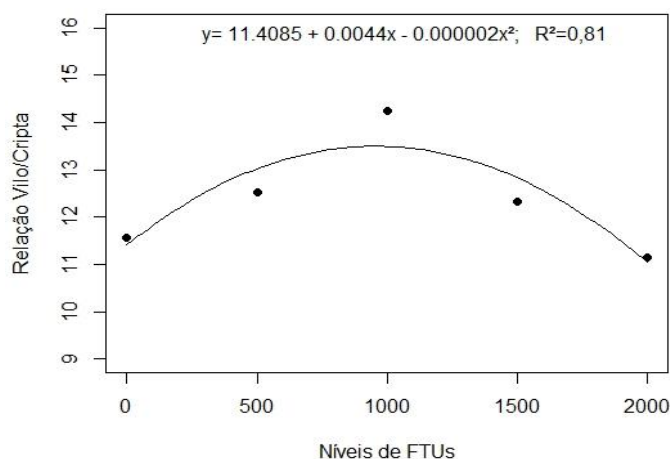


Figura 14. Relação vilo/cripta do fêo de codornas de corte, aos 45 dias de idade, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase.

3.4 Resistência óssea

A tabela 9 apresenta os dados de resistência óssea e observa-se que houve influência da suplementação de fitase, onde verificou-se efeito quadrático ($P=0,00074$) com nível ótimo estimado em 1.050 FTUs/kg (Tabela 9, figura 15).

Tabela 9 – Resistência óssea (gf) de codornas de corte aos 45 dias, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase.

| Níveis de fitase (FTU/kg) | | | | | Valor P | | CV (%) |
|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|------------|--------|
| 0 | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | Linear | Quadrático | |
| 5069,13 | 5967,55 | 5922,42 | 5692,21 | 5403,43 | 0,64739 | 0,00074* | 9,0 |

CV = coeficiente de variação; L = efeito linear; Q = efeito quadrático.

* $Y = 5178,79 + 1,52x - 0,00072345x^2$; $R^2 = 0,84$; Ponto máx.: 1.050 FTUs/kg.

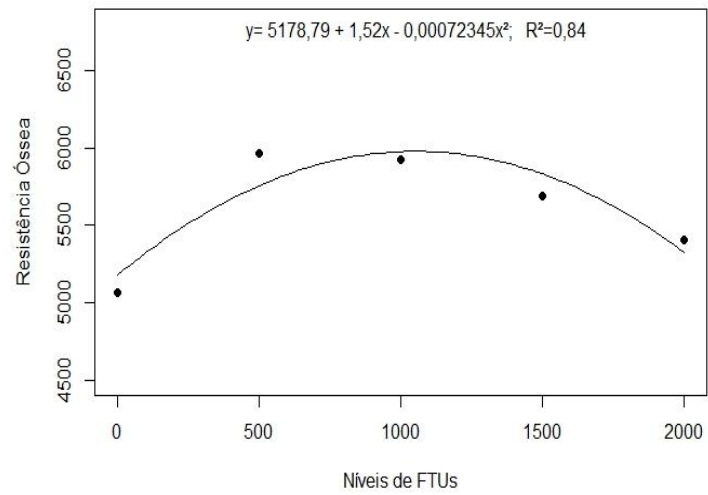


Figura 15. Resistência óssea de codornas de corte, aos 45 dias de idade, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase.

4. DISCUSSÃO

O presente estudo partiu da hipótese que a suplementação da enzima fitase aumenta a digestibilidade da dieta, podendo ser fornecido dietas com redução dos níveis nutricionais sem afetar o desempenho produtivo de codornas de cortes.

A enzima foi suplementada com o objetivo de fornecer o fósforo complexado a molécula de ácido fítico, e outros nutrientes (minerais, vitaminas, aminoácidos) a ele complexado, inibindo seu efeito antinutricional da dieta.

Nossas dietas foram formuladas com reduções na energia e nos nutrientes cálcio, fósforo e aminoácidos digestíveis. Nos resultados de desempenho do presente estudo, observamos que para o tratamento sem adição da enzima, esta redução nutricional proporcionou piora no desempenho das codornas de corte, sendo recuperado com a adição da enzima.

Sabe-se que o fitato é uma molécula de fósforo indisponível e que possui a capacidade de se ligar a outros minerais e aminoácidos, formando complexos insolúveis, diminuindo a disponibilidade e aumentando a excreção dos mesmos (KHALID et al., 2013). Assim, podemos atribuir esta melhora no desempenho das aves a ação da enzima fitase, que promoveu a disponibilidade dos nutrientes presentes na ração para realização das atividades metabólicas no organismo das aves.

Walk et al. (2014) afirmam que melhorias de desempenho ocasionadas por fitase, pode ser largamente atribuídas à liberação de fósforo em dietas deficientes em fósforo e eliminação dos efeitos adversos do fitato na digestibilidade de vários nutrientes dietéticos como Ca, Zn, Fe, amido, lipídios e certos aminoácidos. Manobhavan et al. (2016) relatam que a presença de fitato nas rações reduz a eficiência de utilização dos nutrientes, devido sua capacidade de se ligar com os mesmos formando complexos indigestíveis. Então, a suplementação da enzima em 1.000 FTU foi suficiente para minimizar os efeitos indesejáveis do fitato e promover melhorias no desempenho das aves.

A análise de característica de carcaça comprova o efeito benéfico da suplementação de fitase visto no desempenho de codornas de corte aos 45 dias. A suplementação em 1.000 FTU proporcionou um maior peso de carcaça e esta variável está diretamente ligada ao ganho de peso das aves.

Tais melhoras podem ser explicadas pela redução de cálcio na dieta, pois níveis elevados de cálcio poderiam levar ao efeito negativo, devido ao seu alto poder de se complexar com o fitato, formando complexos insolúveis de Ca-fitato, interagindo com proteínas e formando complexos fitato-proteína (SELLE et al., 2009). Dessa maneira, reduziria a digestibilidade desses nutrientes, o que impossibilitaria o atendimento das exigências de aminoácidos das aves.

Como relataram Adedokun et al., 2018, que altos níveis de Ca aumentam a excreção de aminoácidos em 39%, e isto impossibilitaria a redução feita no estudo nos níveis dos aminoácidos.

Nesse contexto, podemos afirmar que a redução nos níveis nutricionais da dieta realizada no estudo, proporciona melhoras nos processos digestivos e metabólicos das aves, desde que suplementadas com fitase.

Os resultados de morfometria intestinal explicam esta viabilidade da redução nos níveis nutricionais realizadas no estudo. Sabe-se que o intestino delgado é a porção do sistema digestório das aves onde ocorre maior absorção dos nutrientes. A mucosa intestinal tem grande capacidade de absorção, quanto maior a vilosidade, maior é a área de contato dos enterócitos com a ração, aumentando a área de absorção de nutrientes (CATALAN et al., 2016).

Criptas rasas indicam um intestino delgado saudável, ou melhor saúde intestinal, que requer pouca renovação celular, necessitando de menos nutrientes para a renovação celular, permitindo que mais nutrientes sejam utilizados para produção (LE MOS et al., 2013). Nas vilosidades intestinais se encontram as células enterocíticas, então entende-se que quanto maior o vilo melhor, pois haverá uma maior concentração de células absorptivas proporcionando uma maior área de entrada de nutrientes. Maiores relação vilo:cripta são obtidas quando observa-se maior altura de vilo e menor profundidade de cripta. Dessa maneira, o aumento desta relação corresponde à melhor absorção dos nutrientes (LIMA, 2018).

Os resultados do presente estudo mostram que a suplementação de fitase proporcionaram melhores relação vilo:cripta, o que indicam maiores área de absorção dos nutrientes. Provavelmente ela melhorou a digestão e absorção dos nutrientes no trato digestivo, proporcionando maior disponibilidade dos mesmos e, conseqüentemente, melhorando o desempenho dos animais.

Essas melhorias na mucosa intestinal podem ser explicadas pela inibição dos efeitos antinutricionais causados pela presença de fitato na dieta. Estudos apontam que o fitato afeta a digestibilidade do amido interagindo com a amilase (THOMPSON & YOON, 1984). Segundo Harland & Morris (1995) as enzimas amilase, tripsina, fosfatase ácida e tirosinase são inibidas pelo fitato. Truong et al. (2015a) relataram diferença significativa, entre os tratamentos, na taxa de desaparecimento do amido com suplementação ou não de fitase, concluindo que a o amido sofre a ação do fitato. Nesse sentido, o fitato influencia de forma negativa a digestão dos nutrientes, reduzindo a energia metabolizável da dieta.

O fitato também aumenta a excreção de Sódio (COWIESON et al., 2004), o que reduz a atividade da bomba de sódio e potássio (DILWORTH et al., 2005). Então, a presença de fitato

impede a absorção de glicose pois ele interfere na funcionalidade da bomba de sódio e potássio (TRUONG et al., 2014). Liu et al. (2008) relataram que a suplementação de fitase aumentam as concentrações da bomba de sódio e glicose nos enterócitos do duodeno e jejuno de galinhas.

Nesse contexto, pode-se afirmar que a fitase proporcionou melhoras nas atividades enzimáticas das enzimas endógenas, proporcionando melhores digestão e absorção dos nutrientes para realização das atividades metabólicas no organismo das aves.

Os resultados de resistência óssea, comprovam o que vem sendo discutido. Os dados do estudo indicam melhor resistência óssea quando as aves foram suplementadas com 1.000 FTU. O tecido ósseo é constituído por materiais inorgânicos (69%), matriz orgânica (22%) e água (9%). A matriz orgânica constituída de colágeno contribui para a tenacidade óssea, modula a resistência do tecido e as propriedades de crescimento, fornecendo suporte orientado para a matriz mineral e contribuindo para a resistência à tração do osso, assim como a água que também é importante para a resistência óssea (MÜLLER et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2014). O cálcio e o fósforo, presentes na matriz inorgânica, dão rigidez ao osso e são os responsáveis pela resistência à compressão (SA et al., 2004).

Assim, a fitase proporcionou a liberação do fósforo complexado ao fitato e reduziu os efeitos antinutricionais do mesmo, melhorando o metabolismo de cálcio e digestão de proteínas, o que contribui para uma melhor mineralização óssea resultando em melhores resistência óssea.

5. CONCLUSÃO

A suplementação de fitase no nível de 1.000 FTUs/kg, em rações com redução nos níveis de fósforo disponível, cálcio, aminoácidos digestíveis e energia metabolizável, é suficiente para garantir melhorias no desempenho de codornas de corte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEDOKUN, S. A.; PESCATORE, A. J.; FORD, M. J. et al. Investigating the effect of dietary calcium levels on ileal endogenous amino acid losses and standardized ileal amino acid digestibility in broilers and laying hens. **Poultry Science**, v.97, p.131-139, 2018.
- BONAPARTE, T. P.; SOARES, R. T. R. N. et al. Aditivos na Alimentação de Não Ruminantes. In: DEMINICIS, B. B.; MARTINS, C. B. (Org.). **Tópicos Especiais em Ciência Animal II: Coletânea da 2ª Jornada Científica da Pós-Graduação em Ciências Veterinárias da Universidade Federal do Espírito Santo**. Alegre, ES: CAUFES, p.5-15, 2013.
- CATALAN, A. A. S.; KRABBE, E. L.; AVILA, V.S.; et al. Phytate-phosphorus and phytase contents on the relative weight of organs, intestinal morphometry and performance of broilers. **Ciência Rural**, v.46, p.1858-1864, 2016.
- COWIESON, A. J.; ACARNOVIC, T.; BEDFORD, M. R. The effects of phytase and phytic acid on the loss of endogenous amino acids and minerals from broiler chickens, **British Poultry Science**, v. 45, p. 101-108, 2004.
- COWIESON, A.J.; ACAMOVIC, T.; BEDFORD, M.R. Supplementation of corn-soy-based diets with an *Escherichia coli*-derived phytase: Effects on broiler chick performance and the digestibility of amino acids and metabolizability of minerals and energy. **Poultry Science**, v.85, p.1389-97, 2006.
- DILWORTH, L. L.; OMORUYI, F. O.; ASEMOTA, H. N. Digestive and absorptive enzymes in rats fed phytic acid extract from sweet potato (*Ipomoea batatas*), **Diabetologia Croatica**, v.34, p.59–65, 2005.
- HARLAND, B. F.; MORRIS, E. R. Phytate: A good or a bad food component? **Nutrition Research**. v. 15, p. 733-754, 1995.
- KHALID, M. F.; HUSSAIN, M.; REHMAN, A. U. et al. Broiler performance in response to phytate and supplemented phytase. **Iranian Journal of Applied Science**, v. 3, p. 1-12, 2013.
- KIARIE, E.; WOYENGO, T.; NYACHOTI, C.M. Efficacy of new 6-phytase from *Buttiauxella* spp. on growth performance and nutrient retention in broiler chickens fed corn soybean meal-based diets. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.28, p.1479-87, 2015.

LEMOS, M. J.; CALIXTO, L. F. L.; NASCIMENTO, A. A. et al. Morphology of the intestinal epithelium of Japanese quail fed with cell wall *Saccharomyces cerevisiae*. **Ciência Rural**, v.43, p.2221-2227, 2013.

LIMA, G. S. **Superdosagem de fitase para frangos de corte e poedeiras leves**. 2018. 96f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal da Paraíba/Centro de Ciências Agrárias, Areia/PB, 2018.

LITZ, F. H.; FERNANDES, E. A; BUENO, J. P. R. et al. Digestibility, Determination of Metabolizable Energy and Bone Mineralization of Broilers Fed with Nutritionally Valued Phytase. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.19 p. 067-074, 2017.

LIU, N.; RU, Y. J.; LI, F. D. et al. Effect of diet containing phytate and phytase on the activity and messenger ribonucleic acid expression of carbohydrase and transporter in chickens. **Journal of Animal Science**, v. 86, p. 3432-3439, 2008.

MANOBHAVAN, M.; ELANGO VAN, AV.; SRIDHAR, M. et al. Effect of super dosing of phytase on growth performance, ileal digestibility and bone characteristics in broilers fed corn–soya-based diets. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 100, p. 93–100, 2016.

MÜLLER, E. S.; BARBOSA, A. A.; MORAES, G. H. K. et al. Parâmetros químicos, bioquímicos e mecânicos de fêmures de frangos de corte submetidos a diferentes balanços eletrolíticos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, p.1454-1462, 2012.

OLIVEIRA, A. F. G.; BRUNO, L. D. G.; MARTINS, E. N. et al. Efeito da densidade de criação e do grupo genético sobre a composição mineral e desenvolvimento de ossos longos de frangos de corte. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, p.1023-1034, 2014.

OLIVEIRA, R. G; PINHEIRO, S. R. F.; GOULART, K. B. et al. Available phosphorus in starter diets for meat-type quail. **Ciencia e investigación agraria.**, v. 42, p. 19-25, 2015.

ONYANGO, E.M.; HESTER, P.Y.; STROSHINE, R. et al. Bone densitometry as an indicator of percentage tibia ash in broiler chicks fed varying dietary calcium and phosphorus levels. **Poultry Science**, v. 82, p. 1787-1791, 2003.

PARK, S. Y.; BIRKHOLD, S. G.; KUBEN, L. F. et al. Effect of storage condition on bone breaking strength and bone ash in laying hens at different stages in production cycles. **Poultry Science**, v. 82, p. 1688–1691, 2003.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4^a ed. Viçosa: Departamento de Zootecnia, UFV, 488p. 2017.

SA, L. M.; GOMES, P. C.; ROSTAGNO, H. S. et al. Exigência nutricional de cálcio para frangos de corte, nas fases de crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.397-406, 2004.

SCOTT, M.L.; NESHEIM, M.C.; YOUNG, R.J. **NUTRITION OF THE CHICKEN**. 3.ED. NEW YORK: ITHACA, 562 P, 1982.

SELLE, P. H.; COWIESON, A. J.; RAVINDRAN, V. Consequences of calcium interactions with phytate and phytase for poultry and pigs. **Livestock Science**, v.124, p.126-141. 2009.

SILVA, J.H.V.; COSTA, F.G.P. **Tabela para codornas japonesas e européias**. 2.ed. Jaboticabal, SP: FUNEP, 2009. 110p.

THOMPSON, L. U.; YOON, J. H. Starch digestibility as affected by polyphenols and phytic acid. **Journal of Food Science**, v. 49, p. 1228, 1984.

TIZZIANI, T.; DONZELE, R. F. M. O.; DONZELE, J. L. et al. Available phosphorus levels in diets supplemented with phytase for male broilers aged 22 to 42 days kept in a high-temperature environment. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 45, p. 48-55, 2016.

TRUONG, H. H.; LIU, S. Y.; SELLE, P. H. Phytase influences the inherently different starch digestive dynamics of wheat- and maize-based broiler diets. **Proceedings, Australian Poultry Science Symposium**, v. 26, p. 126–129, 2015a.

TRUONG, H. H.; YU, S.; PERON, A. et al. Phytase supplementation of maize- sorghum- and wheat- based broiler diets with identified starch pasting properties influences phytate (IP6) and sodium jejunal and ileal digestibility. **Animal Feed Science and Technology**. v. 198, p. 248- 256, 2014.

WALK, C. L.; SANTOS, T. T.; BEDFORD, M. R. Influence of superdoses of a novel microbial phytase on growth performance, tibia ash, and gizzard phytate and inositol in young broilers. **Poultry Science**, v. 84, p. 248–255, 2005.

CAPÍTULO II

Suplementação de fitase em dietas com redução nos níveis nutricionais para codornas japonesas na fase de postura

Suplementação de fitase em dietas com redução nos níveis nutricionais para codornas japonesas na fase de postura

Resumo: objetivou-se avaliar os efeitos da suplementação de fitase em dietas com redução nos níveis de fósforo disponível, cálcio, aminoácidos digestíveis e energia metabolizável para codornas japonesas na fase de postura sob os parâmetros de desempenho e qualidade de ovo. Foram utilizadas 280 codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) de 115 a 325 dias de vida, distribuídas em delineamento inteiramente ao acaso com cinco tratamentos e oito repetições com 7 aves cada. Os tratamentos consistiram de uma dieta com redução de 0,150 e 0,165 pontos percentuais em fósforo disponível e cálcio, respectivamente, 10% nos níveis de aminoácidos digestíveis (metionina+cistina, lisina e treonina) e redução de 50 kcal/kg de energia metabolizável. Sobre esta dieta foram suplementadas 0; 500; 1.000; 1.500 e 2.000 FTU/kg de fitase. O experimento foi dividido em duas fases: 115-220 dias (Postura I) e 220-325 dias (Postura II), divididas em cinco períodos de 21 dias cada. A fitase influenciou a conversão por massa e dúzia de ovos nas fases de postura I e II; e a produção de ovos, consumo de ração e massa de ovos na fase de Postura II ($P<0,05$). Para qualidade de ovo apenas a unidade Haugh foi influenciada ($P<0,05$) pela fitase em ambas as fases. A suplementação de fitase no nível de 1500 FTU/kg, em rações com redução nos níveis de fósforo disponível, cálcio, aminoácidos digestíveis e energia metabolizável, é suficiente para garantir melhorias no desempenho de codornas japonesas na fase de postura.

Palavras-chave: enzima, fitato, fósforo, ovo.

Phytase supplementation in diets with reduction in nutrient levels for Japanese quails in laying phase

Abstract: It is aimed to assess the effects of phytase supplementation in the diet with reduced levels of available phosphorus, calcium, amino acids digestible and metabolizable energy for the Japanese quail laying phase under the parameters of performance and quality of egg. 280 Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*) 115-325 days-old, distributed in a completely randomized design with five treatments and eight replicates of 7 birds each. Treatments consisted of a diet with reduced 0.150 and 0.165 percentage points available phosphorus and calcium, respectively, in 10% digestible amino acid levels (methionine + cystine, lysine and threonine) and reduction of 50 kcal / kg metabolizable energy. On this diet were supplemented 0; 500; 1,000; 1,500 and 2,000 FTU / kg of phytase. The experiment was divided into two phases: 115-220 days (Posture I) and days 220-325 (Posture II), divided into five periods of 21 days each. Phytase influenced the mass conversion and dozen eggs instance phases I and II; and egg production, feed intake and egg mass in phase II posture ($P < 0.05$). To egg quality only Haugh unit was influenced ($P < 0.05$) by the phytase in both phases. The phytase supplementation level of 1500 FTU / kg feed with a reduction in the levels of available phosphorus, calcium, amino acids digestible and metabolizable energy is sufficient to ensure improved performance of Japanese quails in the laying phase.

Key words: enzyme, phytate phosphorus, egg.

1. INTRODUÇÃO

A alimentação de codornas é composta basicamente de ingredientes de origem vegetal, como o milho e a soja. Esses ingredientes são as principais fontes de energia e proteína da dieta, sendo os nutrientes mais caros da dieta, seguidos pelos aminoácidos sulfurados, pela lisina e pelo fósforo.

O fósforo é um elemento mineral de grande importância para garantir o ótimo desempenho dos animais, pois ele tem fundamental importância como constituinte do osso e na produção da casca do ovo (MACARI e MENDES, 2005). Além disso, ele participa do metabolismo energético, fazendo parte do ATP (Trifosfato de Adenosina), participa do metabolismo de carboidratos, de aminoácidos, metabolismo do tecido neuromuscular, membranas celulares como os fosfolipídios e da química normal do sangue (SCOTT et al., 1982).

Porém, a maior parte do fósforo presente no milho e na soja se encontra complexado na forma de fitato, em torno de 75% e 65%, respectivamente (ROSTAGNO et al., 2017). O fitato é a forma que as plantas utilizam para armazenar o fósforo. Ele é um complexo indigestível para as aves, pois as mesmas não possuem fitase endógena, enzima responsável pela degradação do fósforo fítico, a qual é insuficiente para degradação do mesmo.

Dessa maneira, é necessário adicionar fontes inorgânicas de fósforo na dieta, para suprir as exigências das aves, sem afetar o seu desempenho. No entanto, essa prática aumenta o custo da ração, pois o fósforo é o terceiro nutriente mais caro da dieta e não tem substituto na ração, além de prejudicar o meio ambiente, devido ao alto teor de fósforo excretado através das fezes (OLIVEIRA et al., 2015).

O fitato, além de se complexar com o fósforo, também possui a capacidade de se ligar a outros minerais e aminoácidos, formando complexos insolúveis, diminuindo a disponibilidade e aumentando a excreção dos mesmos (KHALID et al., 2013). Assim, a melhor maneira de aumentar a utilização do fósforo fítico das rações é com suplementação da enzima fitase (MANOBHAVAN et al., 2016).

A fitase é uma fosfatase que hidrolisa o fosfato a inositol e fosfato inorgânico, aumentando o uso do fósforo de origem vegetal e resultando em redução de 20 a 30% na excreção de fósforo pelas fezes (BONAPARTE, 2013).

Pereira et al. (2017) afirmaram em seu estudo que a suplementação de 500 FTU/kg de fitase proporciona resultados positivos sobre o desempenho e a qualidade de ovos em poedeiras comerciais. Sharifi et al. (2012) observaram melhorias no desempenho de codornas japonesas alimentadas com dietas possuindo 300 FTU/kg de fitase microbiana.

Desta maneira, este trabalho tem como objetivo avaliar os efeitos da suplementação de fitase em dietas com redução nos níveis de fósforo disponível, cálcio, aminoácidos digestíveis e energia metabolizável para codornas japonesas na fase de postura.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Desenho experimental, instalações e dietas

O experimento foi conduzido no setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, Campus II, localizado na cidade de Areia – PB, Brasil.

Foram utilizadas 280 codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) de 115 dias de vida, distribuídas em um delineamento inteiramente ao acaso com 5 tratamentos e 8 repetições de 7 aves cada. Os tratamentos consistiram de uma dieta com redução de 0,150 e 0,165 pontos percentuais em fósforo disponível e cálcio, respectivamente, 10% nos níveis de aminoácidos digestíveis (metionina+cistina, lisina e treonina) e redução de 50 kcal/kg de energia metabolizável, das exigências recomendadas por Silva & Costa (2009). Sobre esta dieta foram suplementadas 0; 500; 1.000; 1.500 e 2.000 FTU/kg de fitase (Tabela 1 e 2). A fitase utilizada foi proveniente de bactérias *Escherichia coli*, cuja matriz nutricional é: 500 FTU suplementados da enzima fornecem; 0,150% de fósforo disponível; 0,165% de cálcio; 0,035% de sódio; 0,017% de lisina; 0,004% de metionina; 0,035% de cistina; 0,033% de treonina; 0,421% de proteína bruta e 52kcal/kg de energia metabolizável.

As aves foram alojadas em gaiolas de arame galvanizado com dimensão de 33 x 23 x 15 cm, recebendo água e ração à vontade. O programa de luz adotado foi de 17h de luz (natural + artificial).

Tabela 1 – Composição e conteúdo de nutrientes das dietas para codornas japonesas na fase de postura I

| INGREDIENTES | TRATAMENTOS | | | | |
|--------------------------------|-------------|----------|----------|----------|----------|
| | FTU | | | | |
| | 0 | 500 | 1000 | 1500 | 2000 |
| Milho, 7,88% | 60,001 | 60,001 | 60,001 | 60,001 | 60,001 |
| Farelo de soja, 45,22% | 31,634 | 31,634 | 31,634 | 31,634 | 31,634 |
| Óleo de soja | 0,038 | 0,038 | 0,038 | 0,038 | 0,038 |
| Calcário calcítico, 37% | 7,262 | 7,262 | 7,262 | 7,262 | 7,262 |
| Fosfato bicálcico, 19% | 0,238 | 0,238 | 0,238 | 0,238 | 0,238 |
| Sal comum | 0,533 | 0,533 | 0,533 | 0,533 | 0,533 |
| DL-Metionina | 0,100 | 0,100 | 0,100 | 0,100 | 0,100 |
| Cloreto de colina, 60% | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 |
| Premix vitamínico ¹ | 0,025 | 0,025 | 0,025 | 0,025 | 0,025 |
| Premix mineral ² | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 |
| Antioxidante ³ | 0,010 | 0,010 | 0,010 | 0,010 | 0,010 |
| Inerte ⁴ | 0,040 | 0,030 | 0,020 | 0,010 | 0,000 |
| Fitase ⁵ | 0,000 | 0,010 | 0,020 | 0,030 | 0,040 |
| TOTAL (kg) | 100,000 | 100,000 | 100,000 | 100,000 | 100,000 |
| COMPOSIÇÃO QUÍMICA | | | | | |
| EM, kcal/kg | 2750,000 | 2750,000 | 2750,000 | 2750,000 | 2750,000 |
| PB, % | 19,000 | 19,000 | 19,000 | 19,000 | 19,000 |
| Met + Cis dig, % | 0,630 | 0,630 | 0,630 | 0,630 | 0,630 |
| Lis dig, % | 0,920 | 0,920 | 0,920 | 0,920 | 0,920 |
| Treo dig, % | 0,660 | 0,660 | 0,660 | 0,660 | 0,660 |
| Cálcio, % | 2,890 | 2,890 | 2,890 | 2,890 | 2,890 |
| Fósforo disp,, % | 0,130 | 0,130 | 0,130 | 0,130 | 0,130 |
| Fósforo total, % | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 | 0,320 |
| Sódio, % | 0,230 | 0,230 | 0,230 | 0,230 | 0,230 |
| Cloro, % | 0,390 | 0,390 | 0,390 | 0,390 | 0,390 |
| Potássio | 0,750 | 0,750 | 0,750 | 0,750 | 0,750 |

¹Premix Vitamínico (concentração/kg de produto): Vit. A - 15 mil UI, Vit. D3 - 1,500,000 UI. Vit. E - 15000; Vit.B1 - 2.0 g, Vit. B2- 4.0 g Vit. B6 - 3.0 g, Vit. B12 - 0015 g, ácido nicotínico - 25 g, ácido pantoténico - 10 g;

²Vit.K3 - 3.0 g, ácido fólico - 1.0 g.

Premix Mineral (concentração/kg de produto): Mn - 60 g, Fe - 80 g, Zn - 50 g, Cu - 10 g, Co - 2 g, I - 1 g e Se - 250 mg.

³Antioxidante = BHT = 100 g/ton; Quantidade suficiente para 1000 g de veículos.

⁴Areia lavada.

⁵Enzima fitase = 100 gramas/tonelada fornece 500 FTUs/kg de ração.

Exigências Silva & Costa (2009): EM – 2800 kcal/kg; PB – 20 %; Met + Cis – 0,693 %; Lis – 1,012 %; Treo – 0,726 %; Ca – 3,055 %; P disp – 0,280.

Tabela 2 – Composição e conteúdo de nutrientes das dietas para codornas japonesas na fase de postura II

| INGREDIENTES | TRATAMENTOS | | | | |
|--------------------------------|-------------|----------|----------|----------|----------|
| | FTU | | | | |
| | 0 | 500 | 1000 | 1500 | 2000 |
| Milho, 7,88% | 57,528 | 57,528 | 57,528 | 57,528 | 57,528 |
| Farelo de soja, 45,22% | 32,517 | 32,517 | 32,517 | 32,517 | 32,517 |
| Óleo de soja | 1,324 | 1,324 | 1,324 | 1,324 | 1,324 |
| Calcário calcítico, 37% (fino) | 7,497 | 7,497 | 7,497 | 7,497 | 7,497 |
| Fosfato bicálcico, 18,5% | 0,238 | 0,238 | 0,238 | 0,238 | 0,238 |
| Sal comum | 0,584 | 0,584 | 0,584 | 0,584 | 0,584 |
| DL-Metionina | 0,116 | 0,116 | 0,116 | 0,116 | 0,116 |
| Cloreto de colina, 60% | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 | 0,070 |
| Premix vitamínico ¹ | 0,025 | 0,025 | 0,025 | 0,025 | 0,025 |
| Premix mineral ² | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 |
| Antioxidante ³ | 0,010 | 0,010 | 0,010 | 0,010 | 0,010 |
| Inerte ⁴ | 0,040 | 0,030 | 0,020 | 0,010 | 0,000 |
| Fitase ⁵ | 0,000 | 0,010 | 0,020 | 0,030 | 0,040 |
| TOTAL (kg) | 100,000 | 100,000 | 100,000 | 100,000 | 100,000 |
| COMPOSIÇÃO QUÍMICA | | | | | |
| EM, kcal/kg | 2800,000 | 2800,000 | 2800,000 | 2800,000 | 2800,000 |
| PB, % | 19,310 | 19,310 | 19,310 | 19,310 | 19,310 |
| Met + Cis dig, % | 0,640 | 0,640 | 0,640 | 0,640 | 0,640 |
| Lis dig, % | 0,940 | 0,940 | 0,940 | 0,940 | 0,940 |
| Treo dig, % | 0,660 | 0,660 | 0,660 | 0,660 | 0,660 |
| Cálcio, % | 2,980 | 2,980 | 2,980 | 2,980 | 2,980 |
| Fósforo disp., % | 0,150 | 0,150 | 0,150 | 0,150 | 0,150 |
| Fósforo total, % | 0,340 | 0,340 | 0,340 | 0,340 | 0,340 |
| Sódio, % | 0,250 | 0,250 | 0,250 | 0,250 | 0,250 |
| Cloro, % | 0,410 | 0,410 | 0,410 | 0,410 | 0,410 |
| Potássio | 0,760 | 0,760 | 0,760 | 0,760 | 0,760 |

¹Premix Vitamínico (concentração/kg de produto): Vit. A - 15 mil UI, Vit. D3 - 1,500,000 UI. Vit. E - wm 15000; Vit.B1 - 2.0 g, Vit. B2- 4.0 g Vit. B6 - 3.0 g, Vit. B12 - 0015 g, ácido nicotínico - 25 g, ácido pantoténico - 10 g;

²Vit.K3 - 3.0 g, ácido fólico - 1.0 g.

Premix Mineral (concentração/kg de produto): Mn - 60 g, Fe - 80 g, Zn - 50 g, Cu - 10 g, Co - 2 g, I - 1 g e Se - 250 mg.

³Antioxidante = BHT = 100 g/ton; Quantidade suficiente para 1000 g de veículos.

⁴Areia lavada.

⁵Enzima fitase = 100 gramas/tonelada fornece 500 FTUs/kg de ração.

Exigências Silva & Costa (2009): EM – 2850 kcal/kg; PB – 22 %; Met + Cis – 0,704 %; Lis – 1,034 %; Treo – 0,730 %; Ca – 3,140 %; P disp – 0,300.

2.2 Variáveis analisadas

O experimento foi dividido em duas fases: 115-220 dias (Postura I) e 220-325 dias (Postura II), divididas em cinco períodos de 21 dias cada.

2.2.1 Desempenho e qualidade dos ovos

No final de cada período foram avaliados os parâmetros de desempenho (consumo de ração, produção de ovos, peso dos ovos, massa de ovos, conversão alimentar por massa/dúzia de ovos e viabilidade) e de qualidade dos ovos (peso e porcentagem de casca, de gema e de albúmen; cor de gema; gravidade específica; unidade Haugh; espessura de casca e resistência de ovo).

Para avaliação de consumo de ração as rações foram pesadas no início e no final de cada período do experimento, corrigido pela mortalidade. A produção de ovos foi calculada pela relação entre o número de ovos produzidos e o número de aves alojadas, por período, multiplicando-se o valor por cem, corrigindo também pela mortalidade. Os ovos dos últimos três dias de cada período foram pesados individualmente para a obtenção do peso dos ovos. A massa de ovos (g/ave/dia) foi calculada multiplicando-se a produção pelo peso dos ovos. A conversão alimentar por dúzia de ovos foi obtida dividindo-se o consumo de ração (g/ave) pelo número de dúzias de ovos produzidos (dz/ave) e a conversão por massa de ovos foi obtida dividindo-se o consumo de ração (g/ave) pela massa de ovos produzidos (g/ave). A viabilidade foi encontrada dividindo-se o número de aves final em cada fase do experimento pelo número de aves inicial multiplicando-se por 100.

Ao final de cada período, foram selecionados três ovos por parcela, dentro do peso médio, para determinação do peso e porcentagem de gema, albúmen e casca, após separação manual destes componentes. As cascas dos ovos foram identificadas, secas em estufa a 55-60°C por 24 horas e pesadas em balança digital com precisão de 0,001g para obtenção do peso médio das cascas. A porcentagem da casca foi obtida através da relação entre o peso médio da casca e o peso médio do ovo multiplicado por 100 e a espessura da casca foi obtida através da utilização de micrômetro digital Mitutoyo de 0-25 mm, com precisão de 0,001 mm. A gravidade específica foi determinada pelo método de flutuação em solução salina, conforme metodologia descrita por Hamilton (1982). Os ovos foram imersos em soluções de cloreto de sódio (NaCl) com densidades variando de 1,0700 a 1,0925 g/mL, com gradiente de 0,0025 entre elas. A densidade das soluções foi rotineiramente aferida por meio de um densímetro de petróleo. Para avaliação da qualidade do albúmen, os ovos foram pesados individualmente em balança de precisão, sendo posteriormente quebrados sobre uma mesa especial de vidro e medida a altura

do albúmen através de um altímetro especial AMES. A unidade Haugh foi calculada de através da equação $UH = 100 \log (H + 7,57 - 1,7W^{0,37})$, onde: UH = unidade Haugh; H = altura de albúmen (mm); W = peso do ovo (g). Para coloração de gema utilizou-se o sensor Digital YolkFan da DSM.

Para análise de resistência de ovo foram coletados três ovos por parcela em cada período experimental. Foi utilizado o aparelho universal de teste TA-XT Plus Stable Micro Systems (Surrey, UK) com uma célula de carga de 50 kg à uma velocidade de 50 mm/min. O acessório para fratura Point Bend Rig (HDP/3PB), Stable Micro Systems, foi regulado para permitir que o vão livre da diáfise fosse de 3,0 cm (PARK et al., 2003).

2.3 Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância com auxílio do programa estatístico R versão 3.5.1, e para as variáveis que apresentaram diferença estatística foi utilizado a análise de regressão para determinação do melhor nível de fitase.

3. RESULTADOS

3.1 Desempenho

Na fase de postura I a fitase não influenciou a produção de ovos, consumo de ração, peso de ovo, massa de ovo e viabilidade (Tabela 3). Por outro lado, a conversão por massa e dúzia de ovos foram influenciadas de forma quadrática ($P=0,04614$ e $P=0,02739$, respectivamente) com níveis de suplementação de fitase estimados em 1.250 e 1.450 FTU/kg, respectivamente (Tabela 3, figuras 1 e 2).

Tabela 3 – Produção de ovos (PR), consumo de ração (CR), peso de ovo (PO), massa de ovo (MO), conversão por massa de ovos (CMO), conversão por dúzia de ovos (CDZ) e viabilidade (VIAB) de codornas japonesas, na fase de postura I, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase

| Níveis de Fitase FTUs/kg | PR (%) | CR (g/ave) | PO (g) | MO (g) | CMO (g/g) | CDZ (g/dúzia) | VIAB (%) |
|-----------------------------|-----------|---------------|-----------|-----------|--------------|------------------|-------------|
| 0 | 74,29 | 26,26 | 10,46 | 7,77 | 3,40 | 425,78 | 81,63 |
| 500 | 77,57 | 26,05 | 10,50 | 8,15 | 3,23 | 405,52 | 91,07 |
| 1000 | 78,75 | 25,83 | 10,48 | 8,25 | 3,14 | 394,83 | 91,07 |
| 1500 | 81,89 | 25,97 | 10,46 | 8,50 | 3,05 | 382,63 | 87,50 |
| 2000 | 78,25 | 25,80 | 10,59 | 8,27 | 3,16 | 400,96 | 83,93 |
| CV (%) | 5,84 | 5,15 | 2,5 | 6,62 | 5,23 | 5,19 | 13,46 |
| Valor de P | | | | | | | |
| L | ns | ns | ns | ns | 0,00902 | 0,01961 | ns |
| Q | ns | ns | ns | ns | 0,04614* | 0,02739** | ns |

CV = coeficientes de variação; L = efeito linear; Q = efeito quadrático; ns = não significativo.

* $Y = 3,408 - 0,0005x + 0,0000002x^2$; $R^2 = 0,96$; Ponto de mín.: 1.250 FTUs/kg.

** $Y = 427,66 - 0,058x + 0,00002x^2$; $R^2 = 0,92$; Ponto de mín.: 1.450 FTUs/kg.

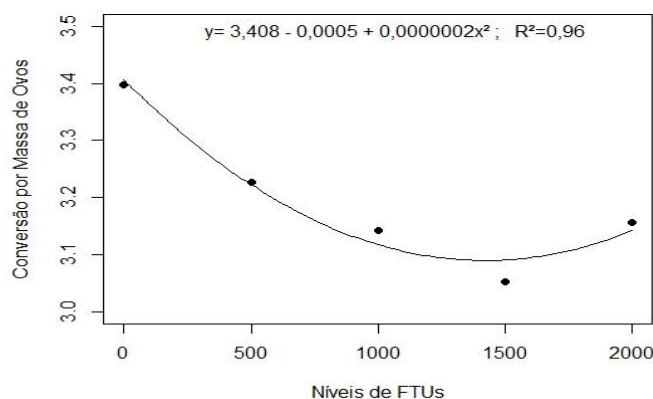


Figura 1. Conversão por massa de ovos de codornas japonesas, na postura I, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase.

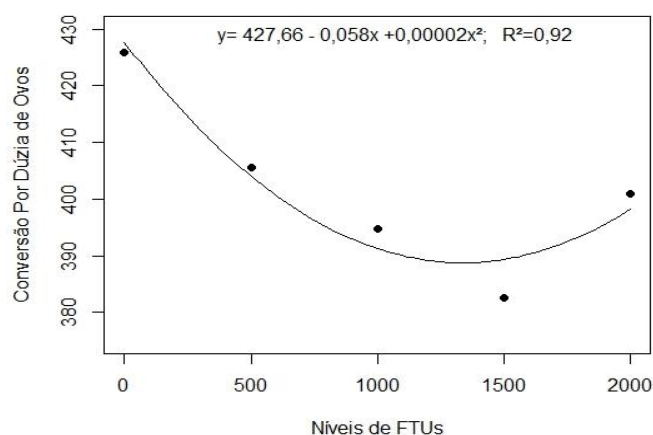


Figura 2. Conversão por dúzia de ovos de codornas japonesas, na postura I, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase.

Na fase de postura II, o peso do ovo e a viabilidade não foram influenciados pela suplementação de fitase. Porém, verifica-se efeito quadrático para a produção de ovos ($P=0,00995$), consumo de ração ($P=0,01135$), massa de ovo ($P=0,02589$) e conversão por massa ($P=0,00001$) e dúzia de ovos ($P=0,00001$). Os níveis de suplementação de fitase estimados para cada variável são: 1.260 FTU/kg para produção de ovos, 1.150 FTU/kg para consumo de ração, 1.300 FTU/kg para massa de ovo e conversão por massa de ovos e 1.130 FTU/kg para conversão por dúzia de ovos (Tabela 4, figuras 3, 4, 5, 6 e 7).

Tabela 4 – Produção de ovos (PR), consumo de ração (CR), peso de ovo (PO), massa de ovo (MO), conversão por massa de ovos (CMO), conversão por dúzia de ovos (CDZ) e viabilidade (VIAB) de codornas japonesas, na fase de postura II, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase

| Níveis de Fitase FTUs/kg | PR (%) | CR (g/ave) | PO (g) | MO (g) | CMO (g/g) | CDZ (g/dúzia) | VIAB (%) |
|-----------------------------|----------------------|----------------------|-----------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------|
| 0 | 69,64 | 28,67 | 10,61 | 7,39 | 3,92 | 498,03 | 69,05 |
| 500 | 71,17 | 25,85 | 10,50 | 7,47 | 3,47 | 436,74 | 78,57 |
| 1000 | 75,91 | 25,73 | 10,47 | 7,94 | 3,26 | 408,13 | 76,79 |
| 1500 | 77,96 | 26,76 | 10,77 | 8,40 | 3,20 | 413,06 | 80,36 |
| 2000 | 71,78 | 27,01 | 10,61 | 7,59 | 3,63 | 454,00 | 71,43 |
| CV (%) | 5,41 | 6,02 | 3,04 | 6,01 | 6,05 | 4,32 | 19,91 |
| Valor de P | | | | | | | |
| L | 0,03151 | 0,20853 | ns | 0,02997 | 0,00211 | 0,00006 | ns |
| Q | 0,00995 ¹ | 0,01135 ² | ns | 0,02589 ³ | 0,00001 ⁴ | 0,00001 ⁵ | ns |

CV = coeficientes de variação; L = efeito linear; Q = efeito quadrático; ns = não significativo.

¹Y = 68,6069 + 0,0126x - 0,000005x²; R² = 0,74; Ponto máx. = 1.260 FTUs/kg;

²Y = 28,3335 - 0,0046x + 0,000002x²; R² = 0,78; Ponto mín. = 1.150 FTUs/kg;

³Y = 7,2505 + 0,0013x - 0,0000005x²; R² = 0,61; Ponto máx. = 1.300 FTUs/kg;

⁴Y = 3,9421 - 0,0013x + 0,0000005x²; R² = 0,97; Ponto mín. = 1.300 FTUs/kg;

⁵Y = 498,3154 - 0,1584x + 0,00007x²; R² = 0,99; Ponto mín. = 1.130 FTUs/kg.

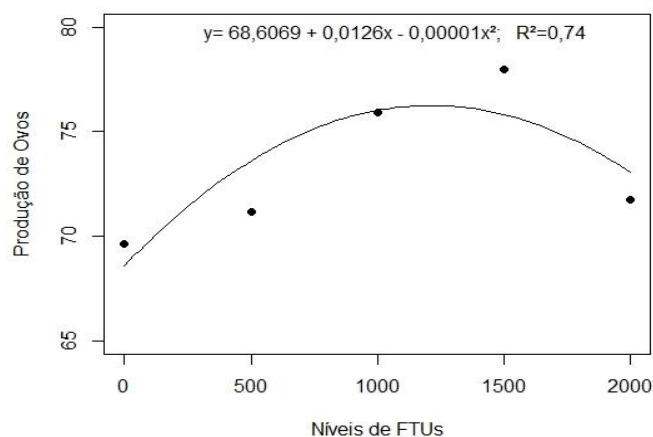


Figura 3. Produção de ovos de codornas japonesas, na postura II, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase.

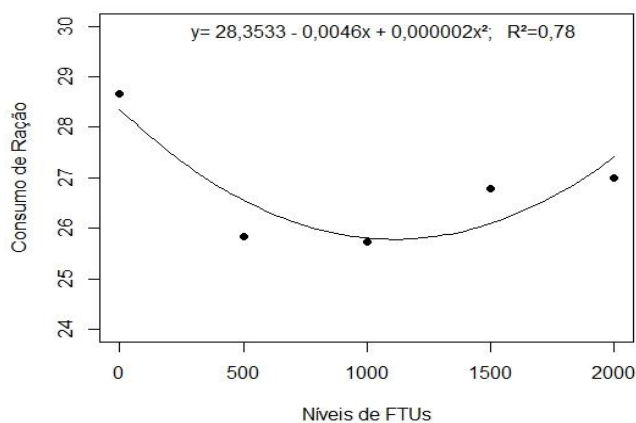


Figura 4. Consumo de ração de codornas japonesas, na postura II, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase.

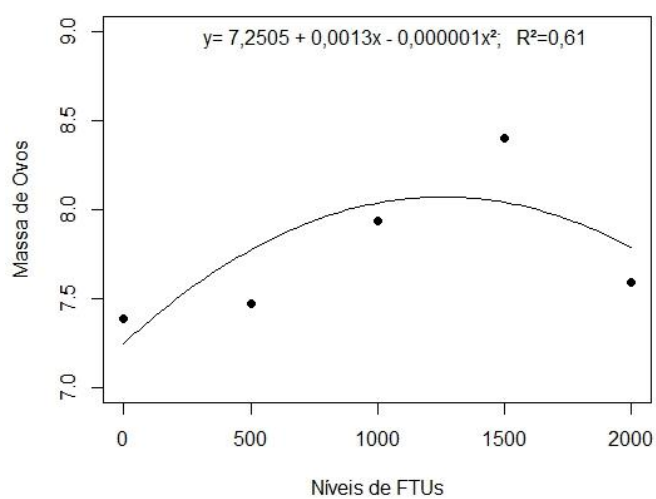


Figura 5. Massa de ovos de codornas japonesas, na postura II, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase.

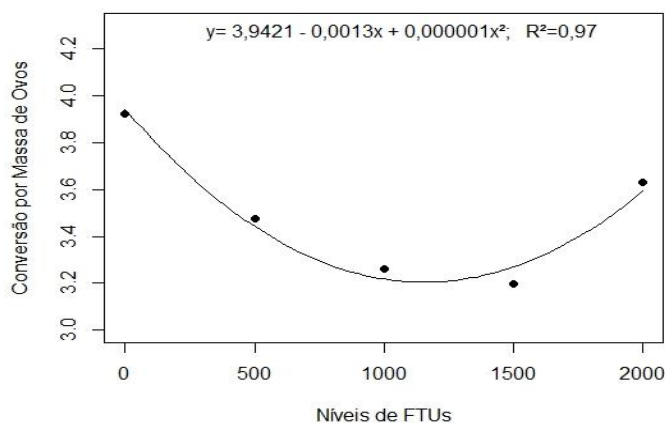


Figura 6. Conversão por massa de ovos de codornas japonesas, na postura II, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase.

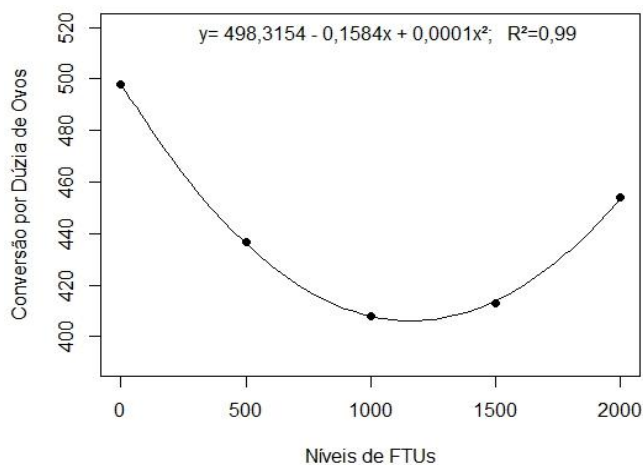


Figura 7. Conversão por dúzia de ovos de codornas japonesas, na postura II, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase.

3.2 Qualidade dos ovos

Para as variáveis de qualidade de ovo a suplementação de fitase não influenciou as variáveis analisadas, com exceção da unidade Haugh que foi influenciada de forma linear ($P=0,0049$) na fase de postura I (Tabela 5, figura 8) e de forma quadrática ($P=0,00005$) na fase de postura II, com ponto de máximo estimado em 1.600 FTUs/kg de fitase (Tabela 6, figura 9).

Tabela 5 – Efeitos dos níveis de fitase sobre o peso de ovo (PO), peso de casca (PC), peso de gema (PG), peso de albume (PA), porcentagem de casca (CAS), porcentagem de gema (GEM), porcentagem de albume (ALB), cor de gema (CG), gravidade específica (GE), unidade Haugh (UH), espessura de casca (EP) e resistência de ovo (RO) dos ovos das codornas japonesas na fase de postura I.

| Níveis de Fitase (FTUs/kg) | 0 | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | CV (%) | Valor de P | |
|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|------------|--------|
| | | | | | | | L | Q |
| PO (g) | 10,522 | 10,583 | 10,593 | 10,577 | 10,542 | 2,44 | ns | ns |
| PC (g) | 0,923 | 0,931 | 0,935 | 0,922 | 0,921 | 3,35 | ns | ns |
| PG (g) | 3,282 | 3,291 | 3,301 | 3,253 | 3,285 | 2,99 | ns | ns |
| PA (g) | 6,295 | 6,332 | 6,358 | 6,397 | 6,323 | 3,07 | ns | ns |
| CAS (%) | 8,780 | 8,800 | 8,730 | 8,720 | 8,740 | 3,26 | ns | ns |
| GEM (%) | 31,19 | 31,10 | 31,16 | 30,75 | 31,16 | 1,76 | ns | ns |
| ALB (%) | 59,82 | 59,84 | 60,02 | 60,39 | 59,96 | 1,67 | ns | ns |
| CG | 4,140 | 4,160 | 4,260 | 4,180 | 4,240 | 4,10 | ns | ns |
| GE (g/cm ³) | 1,0725 | 1,0726 | 1,0729 | 1,0778 | 1,0730 | 0,10 | ns | ns |
| UH | 94,28 | 93,60 | 94,45 | 94,80 | 95,02 | 0,85 | 0,0049* | 0,2594 |
| EC (µm) | 0,293 | 0,292 | 0,290 | 0,291 | 0,289 | 3,23 | ns | ns |
| RO (gf) | 1,194 | 1,208 | 1,205 | 1,225 | 1,159 | 8,82 | ns | ns |

CV = coeficientes de variação; L = efeito linear; Q = efeito quadrático; ns = não significativo.

*Y= 93,8624 + 0,0006x; R²= 0,61

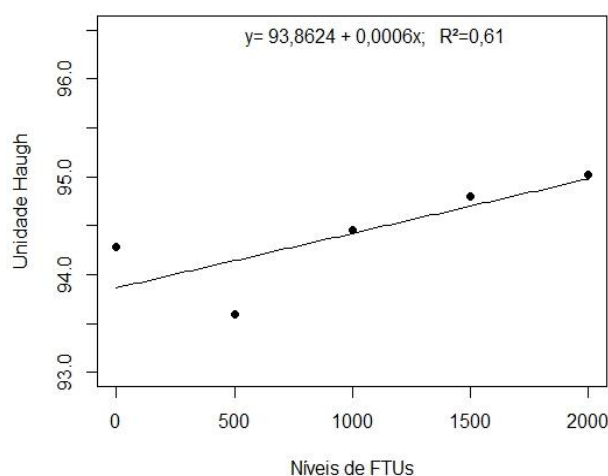


Figura 8. Unidade haugh de ovos de codornas japonesas, na Postura I, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase

Tabela 6 – Efeitos dos níveis de fitase sobre o peso de ovo (PO), peso de casca (PC), peso de gema (PG), peso de albume (PA), porcentagem de casca (CAS), porcentagem de gema (GEM), porcentagem de albume (ALB), cor de gema (CG), gravidade específica (GE), unidade Haugh (UH), espessura de casca (EP) e resistência de ovo (RO) dos ovos das codornas japonesas na fase de postura II.

| Níveis de Fitase (FTUs/kg) | 0 | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | CV (%) | Valor de P | |
|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|------------|----------|
| | | | | | | | L | Q |
| PO (g) | 10,541 | 10,751 | 10,534 | 10,641 | 10,461 | 3,76 | ns | ns |
| PC (g) | 0,926 | 0,953 | 0,908 | 0,922 | 0,909 | 4,62 | ns | ns |
| PG (g) | 3,235 | 3,354 | 3,344 | 3,249 | 3,274 | 3,65 | ns | ns |
| PA (g) | 6,352 | 6,444 | 6,270 | 6,47 | 6,298 | 5,02 | ns | ns |
| CAS (%) | 8,790 | 8,870 | 8,620 | 8,660 | 8,700 | 3,68 | ns | ns |
| GEM (%) | 30,70 | 31,22 | 31,75 | 30,52 | 31,34 | 3,09 | ns | ns |
| ALB (%) | 60,25 | 59,91 | 59,51 | 60,81 | 60,14 | 2,01 | ns | ns |
| CG | 4,240 | 4,28 | 4,30 | 4,31 | 4,28 | 3,99 | ns | ns |
| GE (g/cm ³) | 1,0713 | 1,0709 | 1,072 | 1,0727 | 1,0712 | 0,15 | ns | ns |
| UH | 91,76 | 91,98 | 93,16 | 93,72 | 91,90 | 0,83 | 0,03474 | 0,00005* |
| EC (µm) | 0,275 | 0,276 | 0,274 | 0,277 | 0,278 | 2,77 | ns | ns |
| RO (gf) | 1,018 | 1,011 | 1,076 | 1,045 | 1,044 | 10,55 | ns | ns |

CV = coeficientes de variação; L = efeito linear; Q = efeito quadrático; ns = não significativo.

*Y= 91,3845 + 0,0032x - 0,000001x²; R²= 0,64; Ponto de máx.= 1.600 FTUs/kg.

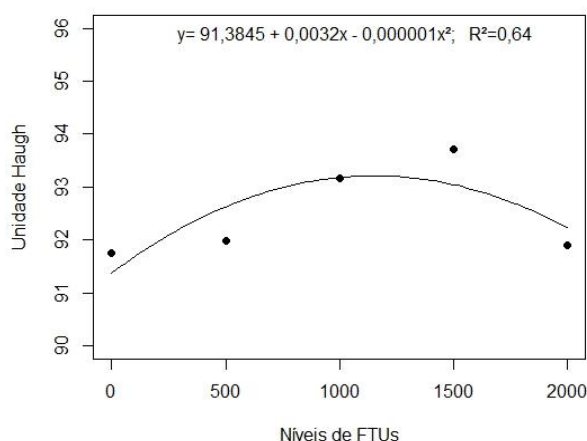


Figura 9. Unidade haugh de ovos de codornas japonesas, na Postura II, alimentadas com dietas com redução nos níveis nutricionais e suplementadas com fitase

4. DISCUSSÃO

O trabalho tem como hipótese que a suplementação da enzima fitase aumenta a digestibilidade da dieta, podendo ser fornecidas dietas com redução dos níveis nutricionais sem afetar o desempenho produtivo de codornas japonesas na fase de postura.

Todas as dietas foram formuladas com redução nos níveis de cálcio, fósforo, aminoácidos digestíveis e energia metabolizável. Observando os resultados de desempenho em ambas as fases de postura, notamos que no tratamento sem adição de fitase esta redução nutricional proporcionou piora no desempenho produtivo das codornas japonesas, sendo recuperado com a adição da enzima.

A presença de fitato nas rações é tido como um fator antinutricional, pois ele reduz a eficiência de utilização dos nutrientes, devido a sua capacidade de se ligar com os mesmos formando complexos indigestíveis (MANOBHAVAN et al., 2016). Nesse contexto, podemos atribuir, esta melhora vista no desempenho das aves, a ação da enzima fitase. Ela foi capaz de quebrar a molécula de fitato e disponibilizar os nutrientes complexados a ele para realização dos processos digestivos e metabólicos no organismo.

Estudos mostram que o fitato possui a capacidade de se ligar com o cálcio formando complexos fitato-Ca interferindo na absorção do mesmo (SELLE et al, 2009). O fitato também interfere na digestibilidade da proteína da dieta, devido a formação do complexo fitato-proteína ou pela formação de complexos de fitato com enzimas proteolíticas (tripsina e pepsina) reduzindo a atividade destas e, conseqüentemente, interferindo na digestão e absorção das proteínas e aminoácidos (COUSINS, 1999). Além disso, sua presença na dieta pode reduzir a digestibilidade do amido; Truong et al. (2015a) relataram em seu estudo diferença significativa, entre os tratamentos, na taxa de desaparecimento do amido com suplementação ou não de fitase, concluindo que a o amido sofre a ação do fitato. Nesse sentido, o fitato influencia de forma negativa a digestão dos nutrientes, reduzindo a energia metabolizável da dieta.

Também é comprovado que o fitato possui capacidade de interagir negativamente com o sódio. Cowieson et al. (2004) demonstraram que houve uma redução da presença desse mineral nas excretas de frangos de corte quando as dietas foram suplementadas com fitase, concluindo que a fitato aumenta a excreção deste mineral. Dilworth et al. (2005) demonstraram que a presença de fitato na dieta reduz a atividade da bomba de sódio em ratos, tal afirmação foi feita após verificação de níveis de glicose no sangue destes animais. Liu et al. (2008) relataram aumento das concentrações de bomba de sódio e glicose nos enterócitos do duodeno e jejuno de galinhas suplementadas com fitase. Assim, a presença de fitato impede a absorção

de glicose pois ele interfere na funcionalidade da bomba de sódio e potássio (TRUONG et al., 2014), o que reduz a quantidade de sódio para o transporte da mesma.

Verifica-se assim, que a suplementação da fitase em 1.500 FTU feita no presente estudo foi capaz de reduzir tais efeitos negativos da presença de fitato na dieta, proporcionando as aves melhores desempenhos zootécnicos, mesmo recebendo dietas com níveis nutricionais reduzidos.

Em relação a qualidade dos ovos, vimos que a fitase influenciou apenas a unidade Haugh, que é uma expressão matemática que correlaciona o peso do ovo com a altura do albúmen. De modo geral, quanto maior o valor da unidade Haugh, melhor a qualidade do ovo (Rodrigues, 1975). Observamos que os peso dos ovos do presente estudo são semelhantes, assim, podemos correlacionar esta melhora na qualidade do ovo, a partir dos valores da unidade Haugh, com a altura de albúmen.

No albúmen é onde se encontra a maior concentração das proteínas presente no ovo. Segundo Pombo (2003) as proteínas presentes na clara do ovo são as responsáveis pela viscosidade da mesma. Ramos (2008) comentou que a ovalbumina e a conalbumina representam cerca de 70 % das proteínas presentes no albúmen e estas são responsáveis pela sua gelatinização. Standelman & Cotterill (1994) relataram que a melhor forma de avaliar a qualidade do albúmen seja pela unidade Haugh, entendendo-se que quanto maior o valor desta unidade, maior foi a altura do albúmen densa encontrada e melhor é sua qualidade.

Assim, entende-se que maiores alturas de albumén são encontradas em albúmens mais densos. O que implica dizer que albúmens mais viscosos possuem maiores valores proteicos o que proporciona maiores alturas e, conseqüentemente, maiores valores de unidade Haugh.

Também, como visto em citações acima, sabe-se que o fitato reduz a digestibilidade das proteínas, com a formação de complexos fitato-proteína ou fitato-enzimas proteolíticas. Assim, provavelmente a suplementação de fitase inibiu este efeito antinutricional do fitato presente na dieta, aumentando a digestibilidade da proteína da mesma, contribuindo para a formação de albúmens com valores proteicos maiores, representados pelos maiores valores da unidade Haugh vistas no estudo.

Além disso, a utilização de fitase contribui com a ação de enzimas endógenas (tripsina, pepsina, ATPase e alanil-aminopeptidase) essenciais ao metabolismo (LIU et al., 2009) e elevação das concentrações de carotenoides hepáticas, α -tocoferol, retinol e coenzima Q10 (KARADAS et al., 2010; LIU et al., 2008). Também pode atuar aumentando a sensibilidade do receptor de insulina do fígado de frango inibindo a expressão do gene do fator 1 de crescimento semelhante à insulina (JÓZEPIAK et al., 2010).

Nesse contexto, pode-se afirmar que a fitase melhorou a atividade das enzimas endógenas relacionadas com a digestão e absorção dos nutrientes, proporcionando melhora na digestibilidade da dieta. Fazendo com que fossem disponibilizados mais nutrientes para realização dos processos digestivos e metabólicos no organismo das aves, acarretando em melhora na qualidade dos ovos, observada a partir da análise de unidade Haugh do presente estudo.

5. CONCLUSÕES

A suplementação de fitase no nível de 1.500 FTU/kg, em rações com redução nos níveis de fósforo disponível, cálcio, aminoácidos digestíveis e energia metabolizável, é suficiente para garantir melhorias no desempenho de codornas japonesas na fase de postura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BONAPARTE, T. P.; SOARES, R. T. R. N. et al. Aditivos na Alimentação de Não Ruminantes. In: DEMINICIS, B. B.; MARTINS, C. B. (Org.). **Tópicos Especiais em Ciência Animal II**: Coletânea da 2ª Jornada Científica da Pós-Graduação em Ciências Veterinárias da Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre, ES: CAUFES, p.5-15, 2013.
- COUSINS, B. Enzimas na nutrição de aves. **I Simpósio Internacional ACAV—Embrapa sobre Nutrição de Aves**. Concórdia-SC. 1999.
- COWIESON, A. J.; ACARNOVIC, T.; BEDFORD, M. R. The effects of phytase and phytic acid on the loss of endogenous amino acids and minerals from broiler chickens, **British Poultry Science**, v. 45, p. 101-108, 2004.
- DILWORTH, L. L.; OMORUYI, F. O.; ASEMOTA, H. N. Digestive and absorptive enzymes in rats fed phytic acid extract from sweet potato (*Ipomoea batatas*), **Diabetologia Croatica**, v.34, p.59–65, 2005.
- HAMILTON, R. M. G. Methods and factors that affect the measurement of egg shell quality. **Poultry Science**, v. 61, p. 2022-2039, 1982.
- JÓZEFIK, D.; PTAK, A.; KACZMAREK, S. et al. Multi-carbohydrase and phytase supplementation improves growth performance and liver insulin receptor sensitivity in broiler chickens fed diets containing full-fat rapeseed. **Poultry Science**, v. 89, p. 1939–1946, 2010.
- KARADAS, F.; PIRGOZLIEV, V.; PAPPAS, A. C. et al. Effects of different dietary phytase activities on the concentration of antioxidants in the liver of growing broilers. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 94, p. 519–526, 2010.
- KHALID, M. F.; HUSSAIN, M.; REHMAN, A. U. et al. Broiler performance in response to phytate and supplemented phytase. **Iranian Journal of Applied Science**, v. 3, p. 1-12, 2013.
- LIU, N.; RU, Y. J.; LI, F. D. et al. Effect of diet containing phytate and phytase on the activity and messenger ribonucleic acid expression of carbohydrase and transporter in chickens. **Journal of Animal Science**, v. 86, p. 3432-3439, 2008.

- LIU, N.; RU, Y. J.; LI, F. D. et al. Effect of dietary phytate and phytase on proteolytic digestion and growth regulation of broilers. **Archives of Animal Nutrition**, v. 63, p. 292–303, 2009.
- MACARI, M. e MENDES, A. A. **Manejo de Matrizes de Corte**. Facta, Campinas, 2005. p. 421.
- MANOBHAVAN, M.; ELANGO VAN, AV.; SRIDHAR, M. et al. Effect of super dosing of phytase on growth performance, ileal digestibility and bone characteristics in broilers fed corn–soya-based diets. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 100, p. 93–100, 2016.
- OLIVEIRA, R. G; PINHEIRO, S. R. F.; GOULART, K. B. et al. Available phosphorus in starter diets for meat-type quail. **Ciencia e investigación agraria.**, v. 42, p. 19-25, 2015.
- PEREIRA, A. A.; JUNQUEIRA, O. M.; GRIEP JÚNIOR, D. N. et al. Phytase in diets with crude protein levels for commercial layers. **Acta Scientiarum**, v. 39, p. 163-168, 2017.
- POMBO, C. R. **Efeito do tratamento térmico de ovos inteiros na perda de peso e características de qualidade interna**. 2003. 74f. Dissertação (Mestrado em Veterinária) – Faculdade de Veterinária, Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2003.
- RAMOS, B. F. S. **Gema de ovo composição em aminas biogénicas e influência da gema na fração volátil de creme de pasteleiro**. 2008. 130f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de farmácia da Universidade do Porto, 2008.
- RODRIGUES, P.C. **Contribuição ao estudo da conversão de ovos de casca branca e vermelha**. Piracicaba, 1975. 57f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 1975.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4ª ed. Viçosa: Departamento de Zootecnia, UFV, 488p. 2017.
- SCOTT, M.L.; NESHEIM, M.C.; YOUNG, R.J. **Nutrition of the chicken**. 3.ed. New York: Ithaca, 562 p, 1982.

SELLE, P. H.; COWIESON, A. J.; RAVINDRAN, V. Consequences of calcium interactions with phytate and phytase for poultry and pigs. **Livestock Science**, v.124, p.126-141. 2009.

SHARIFI, M. R.; SHARGH, M. S.; HASSANI, H. et al. The effects of dietary nonphytate phosphorus levels and phytase on laying performance and egg quality parameters of Japanese quails (*Coturnix coturnix Japonica*). **Archiv fur Geflügelkunde**, v. 76, p. 13-19, 2012.

SILVA, J.H.V.; COSTA, F.G.P. **Tabela para codornas japonesas e européias**. 2.ed. Jaboticabal, SP: FUNEP, 2009. 110p.

STADELMAN, W. J.; COTTERILL, O. J. **Egg science and technology**. 4. Ed., New York. 1994.

TRUONG, H. H.; LIU, S. Y.; SELLE, P. H. Phytase influences the inherently different starch digestive dynamics of wheat- and maize-based broiler diets. **Proceedings, Australian Poultry Science Symposium**, v. 26, p. 126–129, 2015a.

TRUONG, H. H.; YU, S.; PERON, A. et al. Phytase supplementation of maize- sorghum- and wheat- based broiler diets with identified starch pasting properties influences phytate (IP6) and sodium jejunal and ileal digestibility. **Animal Feed Science and Technology**. v. 198, p. 248- 256, 2014.